

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

H

KELOMPOK
KOMPETENSI

PROFESIONAL PENCEMARAN DAN PENGELOLAAN LIMBAH

Edisi
Revisi
2018



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2018

MODUL

PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

**MATA PELAJARAN
BIOLOGI BIDANG KEAHLIAN AGRIBISNIS
DAN AGROTEKNOLOGI
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)**

KELOMPOK KOMPETENSI : H

**PROFESIONAL
PENCEMARAN DAN PENGELOLAAN LIMBAH**

Penulis :

**Heria Budi Handayani, S.Si, M.Si
Evita, SP**

Penelaah :

Dr. Hernawati, M.Si

Reviewer :

Evita, SP

Illustration

Tim Desain Grafis

Copyright @2018

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan
Pertanian

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengcopy sebagian atau keseluruhan isi buku untuk kepentingan
komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan



Kata Sambutan

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas dan berkarakter prima. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan merupakan upaya Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan melalui Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan dalam upaya peningkatan kompetensi guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Peta profil hasil UKG menunjukkan kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan pedagogik dan profesional. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG sejak tahun 2016 dan akan dilanjutkan pada tahun 2018 ini dengan Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan bagi Guru. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan bagi Guru dilaksanakan melalui Moda Tatap Muka.





Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK) dan, Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan melalui Pendidikan dan Pelatihan Guru moda tatap muka untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan melalui Pendidikan dan Pelatihan Guru ini untuk mewujudkan Guru Mulia karena Karya.

Jakarta, Juli 2018

Direktur Jenderal Guru
dan Tenaga Kependidikan,



Dr. Supriano, M.Ed.
NIP. 196208161991031001





Kata Pengantar

Peraturan Menteri Pendayaaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi nomor 16 Tahun 2009 pada ayat 7 menyatakan bahwa Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) adalah pengembangan kompetensi guru yang dilaksanakan sesuai dengan kebutuhan, bertahap, berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya.

Sejalan dengan tugas Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Pertanian dalam mengembangkan dan memberdayakan pendidik dan tenaga kependidikan maka pada tahun anggaran 2018 ini PPPPTK Pertanian telah merevisi modul-modul untuk pelatihan guru khususnya dalam lingkup bidang kejuruan agribisnis dan agroteknologi dimana modul disusun berdasarkan pengelompokan grade mulai grade 1 sampai dengan grade 10. Modul yang disusun akan digunakan untuk bahan pelatihan guru dimana guru akan diberikan pelatihan berdasarkan nilai hasil uji kompetensi yang dapat dipetakan posisinya pada grade berapa.

Adapun modul ini adalah modul grade 1 yang merupakan bagian dari modul Biologi Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi yang terdiri dari 4 (empat) bagian yaitu bagian I Pendahuluan, bagian II Kegiatan Pembelajaran, bagian III Evaluasi, dan bagian IV Penutup.





Modul yang telah disusun selalu dilakukan pembaruan secara periodik setiap kurun waktu tertentu mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dan perubahan kebijakan-kebijakan terkait pengembangan dengan pendekatan High Order Tainking Skill (HOTS).

Semoga Modul Diklat PKB Guru Biologi Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi Grade-1 ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Cianjur, Juli 2018

Kepala PPPPTK Pertanian

DR. Ir. H. R. Ruli Basuni, MP

NIP. 19630720 199001 1 001





Daftar Isi

	Hal.
Kata Sambutan.....	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel.....	x
Pendahuluan	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	3
C. Peta Kompetensi.....	3
D. Ruang Lingkup.....	4
E. Saran Cara penggunaan modul	5
Kegiatan Pembelajaran 1. Pencemaran.....	7
A. Tujuan.....	7
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	7
C. Uraian Materi	7
D. Aktivitas Pembelajaran.....	25
E. Latihan/Kasus/Tugas	26
F. Rangkuman.....	27
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	28
Kegiatan Pembelajaran 2. Limbah	29
A. Tujuan.....	29
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	29
C. Uraian Materi	29
D. Aktivitas Pembelajaran.....	40
E. Latihan/Kasus/Tugas	40
F. Rangkuman.....	41
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	42





Kegiatan Pembelajaran 3. Penanganan dan Pengolahan Limbah Cair	43
A. Tujuan.....	43
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	43
C. Uraian Materi.....	43
D. Aktivitas Pembelajaran.....	58
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	59
F. Rangkuman.....	60
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	62
Kegiatan Pembelajaran 4. Penanganan dan Pengolahan Limbah Padat	63
A. Tujuan.....	63
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	63
C. Uraian Materi.....	63
D. Aktivitas Pembelajaran.....	74
E. Latihan	75
F. Rangkuman.....	75
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	76
Kegiatan Pembelajaran 5. Penanganan Limbah Gas	77
A. Tujuan.....	77
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	77
C. Uraian Materi.....	77
D. Aktivitas Pembelajaran.....	80
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	81
F. Rangkuman.....	83
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	84
Kegiatan Pembelajaran 6. Penanganan Limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3)	85
A. Tujuan.....	85
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	85
C. Uraian Materi.....	85
D. Aktivitas Pembelajaran.....	91
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	92
F. Rangkuman.....	93
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	94





Kegiatan Pembelajaran 7. Aplikasi Pengelolaan Limbah Ramah

Lingkungan	95
A. Tujuan.....	95
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	95
C. Uraian Materi	95
D. Aktivitas Pembelajaran.....	98
E. Latihan/Kasus/Tugas:	99
F. Rangkuman.....	100
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	101
Kunci Jawaban.....	102
Evaluasi.....	113
Penutup	117
Daftar Pustaka	118
Glosarium.....	121





Daftar Gambar

	Hal.
Gambar 1. Contoh Sumber Pencemaran Udara	10
Gambar 2. Pencemaran Tanah.....	11
Gambar 3. Pencemaran Air	13
Gambar 4. Dampak Pencemaran Udara Pada Manusia	14
Gambar 5. Hujan Asam	16
Gambar 6. Dampak Pemanasan Global	18
Gambar 7. Limbah Organik dan Limbah Anorganik	31
Gambar 8. Limbah Anorganik	32
Gambar 9. Tumpukan sampah yang memenuhi separuh badan jalan di Jalan Akses UI, Depok, Jawa Barat.....	32
Gambar 10. Pencemaran Limbah Cair	34
Gambar 11. Pencemaran Gas	35

Daftar Tabel

	Hal.
Tabel 1. Sumber Bahan Pencemar Udara	9
Tabel 2. Konsentrasi CO di udara dan pengaruhnya tubuh manusia bila kontak terjadi cukup lama.....	14
Tabel 3. Contoh beberapa penyakit menular yang dapat tersebar melalui air yang tercemar.....	20
Tabel 4. Baku Mutu Jenis Limbah Anorganik dalam Air yang Diperuntukkan Sebagai Air Minum.....	30
Tabel 5. Parameter baku mutu limbah cair	46





Pendahuluan

A. Latar Belakang

Seperti yang diamanahkan dalam Undang Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional bahwa pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk mengembangkan potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.

Pendidikan sebagai sebuah sistem merupakan keseluruhan komponen pendidikan yang saling terkait secara terpadu untuk mencapai tujuan pendidikan nasional. Komponen-komponen dalam sistem pendidikan antara lain adalah tujuan pendidikan, peserta didik, pendidik, sarana prasarana pendidikan, dan metode pendidikan. Berbicara tentang pendidikan tentunya tidak akan terlepas dari pendidik yang salah satu unsurnya adalah guru.

Guru adalah pendidik profesional dengan tugas utama mendidik, mengajar, membimbing, mengarahkan, melatih, menilai, dan mengevaluasi peserta didik pada pendidikan anak usia dini jalur pendidikan formal, pendidikan dasar, dan pendidikan menengah.

Dalam menjalankan tugasnya guru wajib memiliki kualifikasi akademik, kompetensi, sertifikat pendidik, sehat jasmani dan rohani, serta memiliki kemampuan untuk mewujudkan tujuan pendidikan nasional. Adapun kompetensi guru berdasarkan Permendiknas no 16 tahun 2007 tentang standar kompetensi dan kualifikasi guru, meliputi dimensi kompetensi pedagogi, kepribadian, sosial, dan profesional.





Pendahuluan

Di sisi lain masih terdapat berbagai masalah yang berkaitan dengan kondisi guru yaitu antara lain adalah 1. Adanya keberagaman kondisi kemampuan guru dalam proses pembelajaran, 2. Belum sempurnanya alat ukur untuk mengetahui kemampuan guru, 3. Pelatihan dan pembinaan yang diberikan kepada guru belum sepenuhnya sesuai dengan kebutuhan guru.

Berkaitan dengan peningkatan kompetensi guru pada tahun 2015 ini pemerintah akan melakukan pemetaan kompetensi guru melalui uji kompetensi guru. Berdasarkan hasil uji kompetensi guru tersebut diharapkan dapat menunjukkan data peta kompetensi guru terletak pada grade yang mana sehingga dari data tersebut akan ditindaklanjuti peningkatan kompetensinya melalui modul-modul dan pelatihan-pelatihan yang sesuai.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK) adalah adalah unit pelaksana teknis Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan di bidang pengembangan dan pemberdayaan pendidik dan tenaga kependidikan yang mempunyai tugas melaksanakan pengembangan dan pemberdayaan pendidik dan tenaga kependidikan sesuai dengan bidangnya.

Atas dasar kebutuhan peningkatan kompetensi guru tersebut maka pada tahun anggaran 2015 ini PPPPTK Pertanian melaksanakan penyusunan 10 Kelompok Kompetensi Modul Diklat PKB bagi Guru Biologi Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi. Dalam modul ini difokuskan pada Modul Diklat PKB Biologi Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi Kelompok Kompetensi H dengan judul “Pencemaran dan Pengelolaan Limbah”.

Adapun lingkup materi yang dibahas dalam Modul Diklat PKB Biologi Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi Kelompok Kompetensi H yang difokuskan Konsep Limbah dan Pencemaran, Jenis-Jenis Limbah, Penanganan dan Pengelolaan Limbah Ramah Lingkungan, Penanganan dan Pengelolaan Limbah Cair, Padat, Gas dan B3.





Modul ini diharapkan dapat mengobati kompetensi guru yang masih lemah dalam bidang tersebut sehingga jika pada kesempatan yang akan datang dilakukan uji kompetensi lagi diharapkan hasil nilai uji kompetensi guru dalam bidang pencemaran dan pengelolaan limbah dapat meningkat sesuai dengan yang ditargetkan oleh pemerintah.

B. Tujuan

Setelah menyelesaikan diklat ini peserta mampu:

1. Memahami dan mengidentifikasi berbagai macam pencemaran atau polusi serta dampak yang ditimbulkan dari polusi tersebut.
2. Memahami konsep limbah dan mengidentifikasi jenis-jenis limbah serta menganalisis parameter-parameter kualitas limbah tersebut.
3. Menangani dan mengolah limbah cair.
4. Menerapkan proses pengolahan limbah padat secara mandiri
5. Mengidentifikasi setiap proses pengolahan limbah gas.
6. Mampu memahami proses pengolahan limbah gas.
7. Mengaplikasikan cara penanganan dan pengelolaan limbah ramah lingkungan melalui program *reduce, reuse, dan recycle* (3R)

C. Peta Kompetensi

Peta kompetensi modul untuk bidang keahlian Agribisnis dan Agroteknologi sebagai berikut:

	Grade	Deskripsi
BIOLOGI BIDANG KEAHLIAN AGRIBISNIS DAN AGROTEKNOLOGI	GRADE 1	Ruang lingkup Biologi
		Keselamatan Kerja
	GRADE 2	Proses dan Gejala Permasalahan Biologi
		Keanekaragaman Hayati
	GRADE 3	Sel, Jaringan, dan Organ pada makhluk Hidup
	GRADE 4	Pertumbuhan dan Perkembangan Hewan dan Tumbuhan



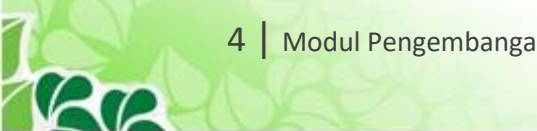


	Grade	Deskripsi
	GRADE 5	Enzim dan Peranannya dalam Proses Metabolisme
		Reproduksi pada Tumbuhan dan Hewan
	GRADE 6	Ekosistem, Komponen dan Interaksinya dalam Kehidupan
	GRADE 7	Virus dan Protista
		Bakteri
		Jamur
		Plantae
		Animalia
	GRADE 8	Pencemaran
		Pengelolaan Limbah
	GRADE 9	Genetika
		Evolusi
	GRADE 10	Aplikasi Bioteknologi dalam Berbagai Bidang

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup materi ini meliputi 7 kegiatan pembelajaran, yaitu:

1. Pencemaran
2. Limbah
3. Penanganan dan Pengolahan Limbah Cair,
4. Penanganan dan Pengolahan Limbah Padat,
5. Penanganan dan Pengolahan Limbah Gas,
6. Penanganan dan Pengolahan Limbah B3, dan
7. Aplikasi Pengolahan Limbah Ramah Lingkungan.





E. Saran Cara penggunaan modul

1. Penjelasan bagi Peserta

- a. Bacalah modul ini secara berurutan dari Kata Pengantar sampai Daftar Cek Kemampuan, pahami dengan benar isi dari setiap babnya.
- b. Setelah Anda mengisi Cek Kemampuan, apakah Anda termasuk kategori orang yang perlu mempelajari modul ini? Apabila Anda menjawab **YA**, maka pelajari modul ini.
- c. Laksanakan semua tugas-tugas yang ada dalam modul ini agar kompetensi Anda berkembang sesuai standar.
- d. Lakukan kegiatan belajar untuk mendapatkan kompetensi sesuai dengan yang disetujui oleh Fasilitator.
- e. Setiap mempelajari satu sub kompetensi, Anda harus mulai dari memahami tujuan kegiatan pembelajarannya, menguasai pengetahuan pendukung (uraian materi), melaksanakan tugas-tugas, dan mengerjakan soal latihan.
- f. Dalam mengerjakan soal latihan, Anda jangan melihat Kunci Jawaban soal terlebih dahulu, sebelum Anda menyelesaikan soal latihan.
- g. Laksanakan Lembar Kerja untuk pembentukan *psikomotorik skills* sampai Anda benar-benar terampil sesuai standar. Apabila Anda mengalami kesulitan dalam melaksanakan tugas ini, konsultasikan dengan fasilitator.
- h. Setelah Anda merasa benar-benar menguasai seluruh kegiatan belajar dalam modul ini, mintalah evaluasi dari fasilitator. Anda untuk dapat dinyatakan telah benar-benar menguasai kompetensi tersebut sehingga Anda mendapatkan sertifikat kompetensi.





2. Peran Fasilitator

- a. Membantu peserta dalam merencanakan proses belajar.
- b. Membimbing peserta melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar.
- c. Membantu peserta dalam memahami konsep dan praktek baru serta menjawab pertanyaan peserta mengenai proses pembelajaran.
- d. Membantu peserta untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan untuk belajar.
- e. Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan.
- f. Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja untuk membantu jika diperlukan.
- g. Melaksanakan penilaian.
- h. Menjelaskan kepada peserta mengenai bagian yang perlu untuk dibenahi dan merundingkan rencana pembelajaran selanjutnya.
- i. Mencatat pencapaian kemajuan peserta.





Kegiatan Pembelajaran 1. Pencemaran

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan peserta diklat mampu menjelaskan dan mengidentifikasi berbagai macam pencemaran atau polusi serta dampak yang ditimbulkan dari polusi tersebut.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Mampu memahami konsep pencemaran
2. Mampu mengidentifikasi macam-macam pencemaran
3. Mampu menganalisis dampak polusi yang ditimbulkan dari pencemaran

C. Uraian Materi

1. Pencemaran

Pencemaran adalah proses masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain kedalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai tingkat tertentu sehingga menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (UU no 4 Tahun 1982). Pencemaran terjadi apabila daur materi dalam lingkungan hidup mengalami perubahan, sehingga keseimbangan struktur dan fungsinya terganggu. Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut polutan. Syarat suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup.

Suatu zat dapat disebut polutan apabila:

- a. Jumlahnya melebihi jumlah normal
- b. Berada pada waktu yang tidak tepat
- c. Berada pada tempat yang tidak tepat





Kegiatan Pembelajaran 1

Sifat polutan adalah :

- a. Merusak untuk sementara, tetapi bila telah bereaksi dengan zat lingkungan tidak merusak lagi
- b. Merusak dalam jangka waktu lama, contohnya Pb tidak merusak konsentrasinya rendah. Akan tetapi dalam jangka waktu yang lama, Pb dapat terakumulasi dalam tubuh sampai tingkat yang merusak.

2. Macam-Macam Pencemaran

Pencemaran berdasarkan bentuknya terbagi menjadi empat macam, yaitu pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah, dan pencemaran suara.

a. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya, atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya kedalam atmosfir yang dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas lingkungan. Pencemaran udara disebabkan oleh partikel debu, asap kendaraan, dan dari cerobong asap industry dan gas kimia dari industry kimia. Sumber pencemaran udara dapat digolongkan menjadi dua, yaitu:

- 1) Sumber bergerak (emisi kendaraan bermotor terutama mesin kendaraan yang sudah tidak efisien)
- 2) Sumber tidak bergerak (asap dari sisa pembakaran pabrik)

Pencemaran udara ini dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, serta mengganggu estetika dan kenyamanan. Pencemaran udara berhubungan erat dengan pencemaran atmosfer bumi. Atmosfer merupakan lapisan udara yang menyelubungi bumi sampai ketebalan 300 km. Bahan pencemar udara dapat berasal dari kegiatan dan aktivitas manusia seperti tercantum pada tabel di bawah ini.





Tabel 1. Sumber Bahan Pencemar Udara

No	Polutan	Sumber Pencemar
1.	Karbon dioksida (CO ₂)	Pemakaian bahan bakar fosil (minyak bumi atau batubara), pembakaran gas alam dan hutan, respirasi, serta pembusukan
2.	Sulfur dioksida (SO ₂) Nitrogen monoksida (NO)	Pemakaian bahan bakar fosil (minyak bumi atau batubara), misalnya gas buangan kendaraan
3.	Karbon monoksida (CO)	Pemakaian bahan bakar fosil (minyak bumi atau batubara) dan gas buang kendaraan bermotor yang pembuangannya tidak sempurna
4.	Kloro Fluoro Carbon (CFC)	Pendingin ruangan, lemari es, dan perlengkapan yang menggunakan penyemprot aerosol

Sumber pencemaran udara dikelompokkan ke dalam 3 kelompok besar, yaitu:

- 1) Sumber pencemar udara menetap (*point source*) seperti asap pabrik, instalasi pembangkit tenaga listrik, asap dapur, pembakaran sampah rumah tangga dan lain sebagainya.
- 2) Sumber pencemar udara yang tidak menetap (*non point source*) seperti gas buang kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api dan kegiatan-kegiatan lain yang menghasilkan gas emisi dengan lokasi berpindah-pindah.
- 3) Sumber pencemar udara campuran (*compound area source*) yang berasal dari titik tetap dan titik tidak tetap seperti bandara, terminal, pelabuhan, dan kawasan industri.

Di Indonesia, kurang lebih 70% pencemaran udara disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor mengeluarkan zat-zat berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia ataupun terhadap lingkungan. Pencemaran udara juga dapat dibedakan berdasarkan sumber pencemarnya, yaitu yang diakibatkan oleh kegiatan manusia, sumber alami, sumber lainnya dan jenis-jenisnya.



- 1) Pencemaran dari kegiatan manusia berasal dari
 - a) Transportasi
 - b) Industri
 - c) Pembangkit listrik
 - d) Pembakaran
- 2) Pencemaran udara yang bersumber dari sumber alami
 - a) Gunung berapi
 - b) Rawa-rawa
 - c) Kebakaran hutan
 - d) Nitrifikasi dan denitrifikasi biologi
- 3) Pencemaran udara dari sumber-sumber lain seperti
 - a) Transportasi ammonia
 - b) Kebocoran tanki klor
 - c) Timbulan gas metana dari lahan uruk atau tempat pembuangan akhir sampah
 - d) Uap pelarut organik



Gambar 1. Contoh Sumber Pencemaran Udara

Sumber. <http://ilmulingkungan.com/apa-itu-pencemaran-udara-dan-penyebab-terjadinya/>

b. Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah didefinisikan sebagai proses masuknya limbah ke dalam tanah yang mengakibatkan fungsi tanah menjadi turun (menjadi keras dan tidak subur) sehingga tidak mampu lagi mendukung aktivitas manusia. Sumber-sumber pencemaran tanah dapat berasal dari domestik, industri, maupun pertanian.



- 1) Limbah domestik misalnya buangan dapur yang mengandung minyak atau lemak bila secara terus menerus dibuang ke media tanah akan menyebabkan pori-pori tanah tertutup dan tanah menjadi keras.
- 2) Limbah industri yang belum diolah bila dibuang ke media tanah juga akan merusak tanah, misalnya limbah pabrik tahu yang bersifat asam lama kelamaan akan merusak tanah.
- 3) Aktivitas pertanian berupa pemupukan dengan pupuk kimia buatan merupakan faktor terbesar yang menyebabkan kerusakan struktur tanah pertanian. Tercemarnya tanah pada akhirnya membawa dampak bagi manusia. Tanah pertanian yang telah mengalami kerusakan (berubah struktur dan susunan kimiawinya) menjadi keras, produktivitas lahan pun akan menurun)

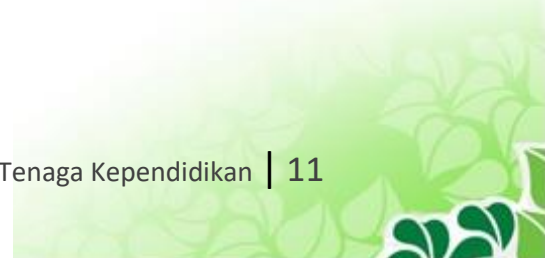


Gambar 2. Pencemaran Tanah

Sumber. <http://rahmankesling.blogspot.co.id/2012/12/dampak-pencemaran-tanah-terhadap.html>

c. Pencemaran Air

Pencemaran air merupakan proses masuknya limbah ke dalam air yang mengakibatkan fungsi air turun sehingga tidak mampu lagi mendukung aktivitas manusia dan menyebabkan timbulnya masalah penyediaan air bersih. Bagian terbesar yang menyebabkan pencemaran air adalah limbah cair dari industri, disamping limbah padat berupa sampah domestik.





Pencemaran air meliputi pencemaran di perairan darat, seperti danau dan sungai serta perairan laut. Sumber pencemaran air berasal dari kegiatan pengerukan pasir, limbah rumah tangga, industri, pertanian, pelebaran sungai, pertambangan minyak lepas pantai, serta kebocoran kapal tanker pengangkut minyak.

Limbah rumah tangga seperti deterjen, sampah organik, dan anorganik memberikan andil cukup besar dalam pencemaran air sungai, terutama di perkotaan. Sungai yang tercemar deterjen, sampah organik dan anorganik yang mengandung mikroorganisme dapat menimbulkan penyakit, terutama bagi masyarakat yang menggunakan sungai sebagai sumber kehidupan sehari-hari. Proses penguraian sampah dan deterjen memerlukan oksigen sehingga kadar oksigen dalam air dapat berkurang. Jika kadar oksigen suatu perairan turun sampai kurang dari 5 mg per liter, maka kehidupan biota air seperti ikan akan terancam.

Selain itu, masuknya pupuk pertanian, sampah, dan kotoran ke bendungan, danau, serta laut dapat menyebabkan meningkatnya zat-zat hara di perairan. Peningkatan tersebut mengakibatkan pertumbuhan ganggang atau enceng gondok menjadi pesat. Pertumbuhan ganggang atau eceng gondok yang cepat dan kemudian mati membutuhkan banyak oksigen untuk menguraikannya.

Pencemaran minyak di laut sebagian besar disebabkan oleh limbah pertambangan minyak lepas pantai dan kebocoran kapal tanker yang mengangkut minyak. Tumpahan minyak di laut merusak kehidupan di laut, diantaranya burung dan ikan. Minyak yang menempel pada bulu burung dan insang ikan mengakibatkan kematian hewan tersebut.





Gambar 3. Pencemaran Air

Sumber. <http://teknologi.kabarkita.org/2015/08/19/pencemaran-air/>

3. Dampak Pencemaran

a. Dampak Pencemaran Udara

Dampak yang terjadi akibat adanya pencemaran udara adalah:

1) Gangguan kesehatan

Polutan-polutan udara yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan diantaranya sebagai berikut:

a) Karbon Monoksida

Di atmosfer, gas karbon monoksida (CO) ditemukan dalam jumlah sangat sedikit yaitu sekitar 0,1 ppm. Pada daerah dengan lalu lintas padat, konsentrasi gas CO bisa mencapai 10-15 ppm. Gas CO yang terhirup dapat mengganggu sistim kerja hemoglobin dalam mengangkut oksigen yang dibutuhkan tubuh. Efek yang ditimbulkan diantaranya pusing, mual, sakit kepala, pingsan, kerusakan otak dan kematian.





Gambar 4. Dampak Pencemaran Udara Pada Manusia
Sumber: <http://muktikesling.blogspot.co.id/2015/12/pencemaran-udara.html>

Tabel 2. Konsentrasi CO di udara dan pengaruhnya tubuh manusia bila kontak terjadi cukup lama

Konsentrasi CO di Udara (ppm)	Konsentrasi CO dalam darah	Gangguan
3	0,98	Tidak ada
5	1,30	Belum begitu terasa
10	2,10	Gangguan sistem syaraf sentral
20	3,70	Gangguan panca indra
40	6,90	Gangguan fungsi jantung
60	10,10	Sakit kepala
80	13,30	Sulit bernafas
100	16,50	Pingsan-kematian

b) Sulfur Oksida, Nitrogen Oksida, dan Ozon

Gas sulfur oksida, nitrogen oksida, dan ozon pada konsentrasi rendah dapat menyebabkan iritasi mata dan radang saluran pernafasan. Seseorang yang menghirup gas tersebut dalam jangka waktu yang cukup lama dapat terkena penyakit gangguan pernafasan kronis seperti bronchitis, emfisema, dan asma. Sulfur oksida dan ozon dapat membahayakan kehidupan tumbuhan karena gas tersebut bersifat racun bagi tumbuhan. Tumbuhan yang kontak dengan sulfur oksida dan ozon pada konsentrasi tertentu dapat mengalami kematian.



c) Materi partikulat

Berbagai materi partikulat, seperti serbuk batubara, serbuk kapas, serbuk kuarsa, dan serat asbes dapat menyebabkan penyakit paru-paru. Partikulat lainnya yaitu timbal juga dapat membahayakan kesehatan. Timbal sangat beracun dan dapat terakumulasi dalam tubuh serta menyerang berbagai sistem tubuh seperti sistem pencernaan dan sistem saraf. Timbal juga dapat merusak fungsi jantung dan ginjal. Timbal dapat menyebabkan keterbelakangan mental pada anak-anak.

d) Asap rokok

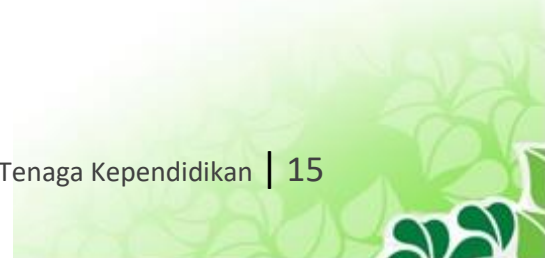
Asap rokok mengandung berbagai zat berbahaya seperti benzo- α -pyrene dan formaldehid. Contoh penyakit yang dapat ditimbulkan oleh asap rokok adalah gangguan pernapasan, penyakit jantung dan kanker paru-paru.

e) Zat-zat penyebab kanker

Contoh zat-zat yang dapat menjadi penyebab kanker adalah kloroform, para-diklorobenzena, tetrakloroetilen, trikloroetan dan radioaktif (misalnya radon), berpotensi menimbulkan kanker bila terdapat dalam konsentrasi tinggi.

2) Asap dan Kabut

Berdasarkan jenis polutan penyebabnya, asap dan kabut (asbut) dapat dibedakan menjadi asbut industri dan asbut fotokimia. Polutan utama penyebab asbut industri adalah sulfur oksida dan materi partikulat yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil oleh industri. Materi partikulat yang terkandung dalam asbut industri menyebabkan warnanya tampak keabuan. Asbut inilah yang sering terlihat keluar dari cerobang asap pabrik. Nitrogen oksida menyebabkan asbut fotokimia tampak berwarna kecoklatan.



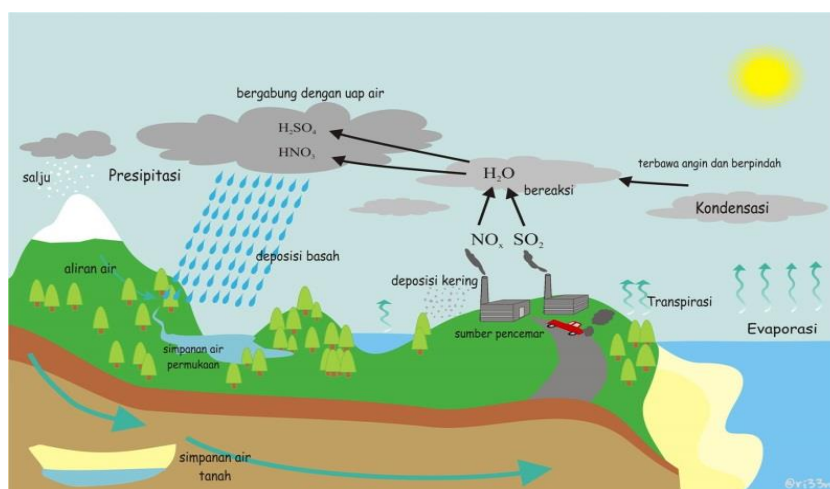
3) Hujan Asam

Hujan sebenarnya secara alami bersifat asam (pH sedikit dibawah 6, karena CO_2 dengan uap air di udara membentuk asam lemah yang bermanfaat untuk melarutkan mineral dalam tanah yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan hewan). Namun berbagai polutan udara dapat meningkatkan keasaman air hujan, sehingga disebut hujan asam.

Hujan asam didefinisikan sebagai hujan dengan pH dibawah 5. Polutan yang menyebabkan hujan asam adalah nitrogen oksida dan sulfur dioksida. Zat-zat ini di atmosfer akan bereaksi dengan uap air untuk membentuk asam sulfat, asam nitrat dan asam nitrit yang mudah larut sehingga jatuh bersama air hujan.

Dampak dari hujan asam di antaranya adalah:

- Mempengaruhi kualitas air permukaan bagi biota yang hidup di dalamnya
- Merusak tanaman
- Melarutkan logam-logam berat yang terdapat dalam tanah, sehingga mempengaruhi kualitas air tanah dan air permukaan
- Bersifat korosif
- Menyebabkan penyakit pernapasan
- Pada ibu hamil, dapat menyebabkan bayi lahir prematur dan meninggal



Gambar 5. Hujan Asam

Sumber. <https://prodiipa.wordpress.com/kelas-vii/hujan-asam/c-apakah-itu-hujan-asam/>



4) Pemanasan Global

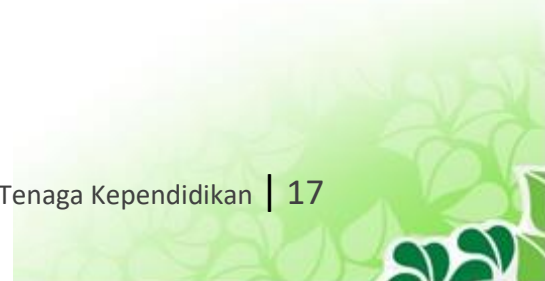
Pemanasan global adalah kejadian meningkatnya suhu rata-rata bumi. Pemanasan global terjadi akibat efek rumah kaca yang ditimbulkan oleh gas-gas rumah kaca.

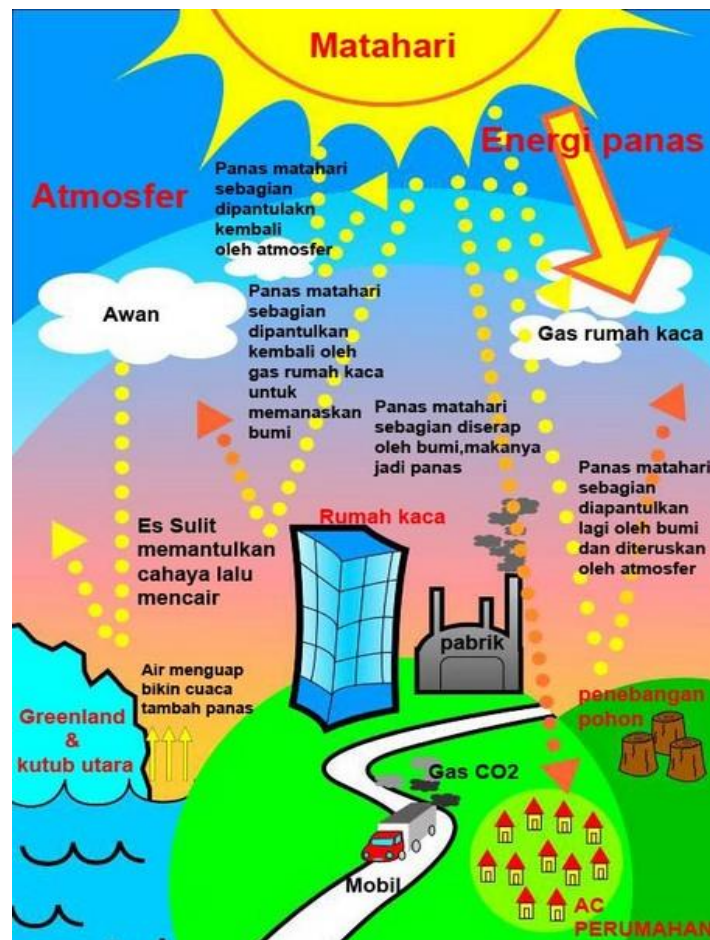
Gas-gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global meliputi berbagai polutan udara, seperti karbon dioksida (CO_2), metan (CH_4), nitrat oksida (NO_2), hidrofluorokarbon (HFC) dan klorofluorokarbon (CFC).

Dampak lebih jauh dari pemanasan global di antaranya sebagai berikut:

- a) Menambah volume air laut sehingga permukaan air akan naik
- b) Menimbulkan banjir di daerah pantai
- c) Dapat menenggelamkan pulau-pulau dan kota-kota besar yang berada ditepi laut
- d) Meningkatkan penyebaran penyakit menular
- e) Curah hujan di daerah yang beriklim tropis akan lebih tinggi dari normal
- f) Tanah akan lebih cepat kering, walaupun sering terkena hujan. Kekeringan tanah ini akan mengakibatkan banyak tanaman mati
- g) Akan sering terjadi angin besar di berbagai tempat
- h) Berpindahnya hewan ke daerah yang lebih dingin
- i) Musnahnya hewan dan tumbuhan, termasuk manusia yang tidak mampu berpindah atau beradaptasi dengan suhu yang lebih tinggi.

Meningkatnya suhu global juga diperkirakan akan menyebabkan perubahan-perubahan lain, seperti meningkatnya intensitas kejadian cuaca yang ekstrim serta perubahan jumlah dan pola presipitasi.





Gambar 6. Dampak Pemanasan Global

Sumber: <http://www.slideshare.net/aryoafdiwibowo/pemanasan-global-15206020>

5) Penipisan Ozon di Lapisan Stratosfer

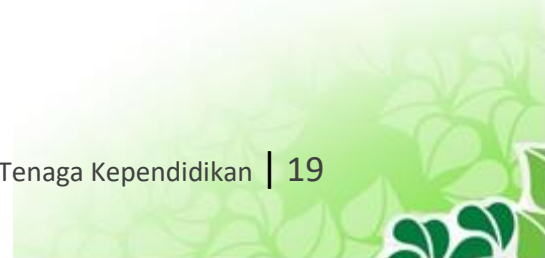
Lapisan ozon (O_3) adalah lapisan gas yang menyelimuti bumi pada ketinggian ± 30 km diatas bumi. Lapisan ozon terdapat pada lapisan atmosfer yang disebut stratosfer. Lapisan ozon ini berfungsi menahan 99% radiasi sinar Ultra violet (UV) yang dipancarkan ke matahari. Senyawa yang dapat menghancurkan ozon adalah senyawa yang mengandung unsur klorin (Cl) dan bromine (Br). Contoh senyawa yang paling dikenal sebagai penyebab penipisan ozon adalah klorofluorokarbon (CFC) yang berasal terutama dari aerosol, lemari pendingin dan pendingin udara (AC). Senyawa lain yang juga dapat menyebabkan penipisan ozon adalah *metil bromide* yang dapat ditemukan dalam pestisida dan *metil kloroform* serta *karbon tetraklorida*.



6) Radiasi

Makhluk hidup sudah lama menjadi objek dari bermacam-macam bentuk radiasi. Misalnya, radiasi matahari yang mengandung sinar ultraviolet dan gelombang infra merah. Selain berasal dari matahari, radiasi dapat juga berasal dari luar angkasa, berupa sinar kosmis dan mineral-mineral radioaktif dalam batu-batuan. Akan tetapi bentuk radiasi akibat aktivitas manusia akan menimbulkan polusi. Bentuk-bentuk radiasi berupa kegiatan uji coba bom nuklir dan penggunaan bom nuklir oleh manusia dapat berupa gelombang elektromagnetik dan partikel subatomik. Kedua macam bentuk radiasi tersebut dapat mengancam kehidupan makhluk hidup. Dampak radiasi dapat dilihat pada tingkat genetik dan sel tubuh. Dampak genetik pada interfase menyebabkan terjadinya perubahan gen pada DNA atau dikenal sebagai *mutasi gen*. Dampak yang ditimbulkan biasanya seseorang memiliki otak yang lebih kecil daripada ukuran normal, cacat mental, dan gangguan fisik lainnya serta leukemia.

- 7) Dari hasil kajian Bank Dunia menemukan dampak ekonomi akibat pencemaran udara di Indonesia sebesar Rp 1,8 trilyun yang pada 2015 akan mencapai Rp 4,3 trilyun.
- 8) Dari segi sosial pencemaran sangat merugikan, orang-orang sudah tidak dapat menikmati udara sehat lagi, setiap hari harus bertemu dengan asap, aktifitas sosial juga terhambat dan lain-lain.
- 9) Dari segi pendidikan pencemaran udara dapat mempengaruhi tingkat belajar para pelajar, mereka terhambat dalam hal berfikir dan juga dalam menyelesaikan suatu permasalahan
- 10) Dari segi pertanian dan perkebunan pencemaran udara juga sangat berpengaruh, kurangnya lahan hijau yang menjadi tempat pohon-pohon untuk melakukan proses fotosintesis karena tanaman yang tumbuh di daerah dengan tingkat pencemaran udara tinggi dapat terganggu pertumbuhannya dan rawan penyakit, antara lain klorosis, nekrosis, dan bintik hitam menjadikan sirkulasi udara kita berkurang, dan menjadikan udara kotor dan tidak baik untuk kita hirup.



b. Dampak Polusi Air

Dampak yang ditimbulkan dari polusi air adalah sebagai berikut:

1) Gangguan Kesehatan

Berikut ini berbagai jenis penyakit yang dapat ditimbulkan oleh pencemaran air.

a) Penyakit menular

Penyakit menular akibat pencemaran air dapat terjadi karena berbagai macam sebab, antara lain karena alasan berikut:

- Air yang tercemar dapat menjadi media bagi perkembangbiakan dan persebaran mikroorganisme, termasuk mikroba pathogen.
- Air yang tercemar tidak dapat lagi digunakan sebagai pembersih, sedangkan air bersih sudah tidak mencukupi sehingga kebersihan manusia dan lingkungannya menjadi tidak terjamin, yang pada akhirnya menyebabkan manusia mudah terserang penyakit.

Tabel 3. Contoh beberapa penyakit menular yang dapat tersebar melalui air yang tercemar

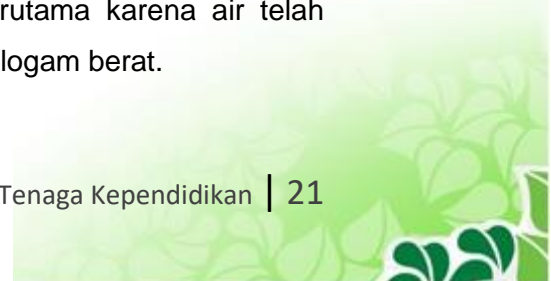
Jenis mikroba	Penyakit	Gejala
Virus		
Virus Hepatitis A	Hepatitis A	Demam, sakit kepala, sakit perut, kehilangan selera makan, pembengkakan hati sehingga tubuh menjadi kuning
Virus Polio	Poliomyelitis	Tenggorokan sakit, demam, diare, sakit pada tungkai dan punggung, kelumpuhan dan kemunduran fungsi otot
Bakteri		
<i>Vibrio Cholerae</i>	Kolera	Diare yang sangat parah, muntah-muntah, kehilangan cairan sangat banyak sehingga menyebabkan kejang dan lemas



Jenis mikroba	Penyakit	Gejala
<i>Escherichia coli</i> (strain pathogen)	Diare	Buang air besar berkali-kali dalam sehari, kotoran encer (mengandung banyak air), terkadang diikuti rasa mulas atau sakit perut
<i>Salmonella typhi</i>	Tifus	Sakit kepala, demam, diare, muntah-muntah, peradangan dan pendarahan usus
<i>Shigella dysenteriae</i>	Disentri	Infeksi usus besar, diare, kotoran mengandung lender dan darah, sakit perut
Protozoa <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Balantidium coli</i>	Disentri amuba Balantidiasis	(Sama seperti disentri oleh bakteri) Peradangan usus, diare berdarah
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis	Diare, sakit perut, terbentuk gas dalam perut, bersendawa, kelelahan
Metazoan (cacing Parasit) <i>Ascaris lumbricoides</i> (cacing gelang) <i>Taenia saginata</i> (cacing pita) <i>Schistosoma sp.</i> (cacing pipih)	Ascariasis Taeniasis Schistosomiasis	Demam, sakit perut yang parah, malabsorpsi, muntah-muntah, kelelahan Gangguan pencernaan, rasa mual, kehilangan berat badan, rasa gatal dianus Gangguan pada hati dan kantung kemih sehingga terdapat darah dalam urin, diare, tubuh lemas, sakit perut yang terjadi berulang-ulang

b) Penyakit tidak menular

Walaupun disebut penyakit tidak menular, penyakit ini tetap merupakan bahaya besar karena dapat mengakibatkan kematian. Penyakit tidak menular dapat muncul terutama karena air telah tercemar oleh senyawa anorganik, seperti logam berat.





Beberapa polutan yang berperan dalam mencemari air antara lain:

- *Cadmium (Cd)*
- *Kobalt (Co)*
- *Merkuri (Hg)*
- *Timbal (Pb)*
- *Senyawa organik berklorin*

2) Menurunnya Populasi Berbagai Biota Air

Menurunnya populasi berbagai biota air ini akan membawa kerugian besar, baik secara langsung berupa kekurangan sumber pangan dan bagi sebagian orang berarti kehilangan mata pencaharian, ataupun secara tidak langsung berupa gangguan dalam keseimbangan ekosistem. Beberapa polutan yang sifatnya berbahaya bagi biota air diantaranya adalah:

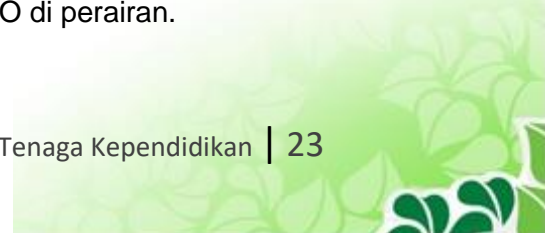
a) Nutrien tumbuhan

Nutrien tumbuhan akan menjadi polutan air apabila terdapat dalam jumlah berlebihan di perairan. Perairan yang mengandung nutrient seperti fosfat dan nitrogen dalam jumlah berlebih disebut mengalami eutrofikasi. Eutrofikasi akan menyebabkan ganggang (*algae*) berkembang biak dengan subur sehingga populasinya meningkat pesat. Kejadian ini sering disebut *algae blooming*. *Algae blooming* dapat menyebabkan beberapa gangguan di perairan, diantaranya adalah mengganggu penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan karena permukaan tertutupi oleh populasi ganggang. Hal ini akan mengganggu kehidupan biota air dalam perairan tersebut. Selain itu, jika ganggang yang mengalami *blooming* merupakan jenis ganggang yang akan menghasilkan senyawa beracun, ganggang tersebut akan menyebabkan kematian sejumlah besar biota air.





- b) Limbah yang membutuhkan oksigen
Seperti eutrofikasi, pencemaran air oleh limbah yang membutuhkan oksigen juga akan menyebabkan peningkatan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) di perairan akibat tingginya populasi bakteri aerob (membutuhkan oksigen) yang membusukan limbah. Peningkatan BOD akan menurunkan oksigen terlarut (DO) perairan sehingga menurunkan populasi biota air yang tidak toleran terhadap kandungan DO yang rendah.
- c) Minyak
Pencemaran minyak banyak terjadi di lautan atau pantai. Pencemaran minyak di perairan dapat menyebabkan kematian bagi banyak jenis biota air, seperti terumbu karang. Kematian ini disebabkan adanya senyawa dalam minyak yang bersifat beracun bagi biota air tersebut. Tumpahan minyak di perairan juga dapat menempel dan menyelubungi bulu-bulu pada burung serta rambut pada mamalia air sehingga mengganggu fungsi fisiologis bulu atau rambut tersebut. Contoh gangguan fisiologis yang dapat terjadi adalah hilangnya kemampuan mengapung atau kemampuan menjaga suhu tubuh sehingga hewan dapat mati karena tenggelam atau karena kehilangan panas tubuh secara dratis.
- d) Sedimen
Pencemaran sediment di perairan dapat menyebabkan air menjadi keruh sehingga mengurangi jarak penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan. Hal ini akan menyebabkan kemampuan fotosintesis ganggang dan tumbuhan air menurun sehingga populasinya berkurang.
- e) Panas
Populasi panas atau termal dapat menyebabkan perubahan suhu perairan secara dratis. Hal ini akan mengakibatkan kematian berbagai biota air yang tidak mampu beradaptasi terhadap perubahan suhu tersebut. Panas juga dapat menurunkan DO di perairan.





c. Dampak Polusi Tanah

Beberapa dampak dari polusi tanah antara lain:

1) Gangguan Kesehatan

Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Timbal sangat berbahaya pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak, serta kerusakan ginjal pada seluruh populasi.

2) Gangguan pada Ekosistem

Pencemaran tanah juga dapat memberikan dampak terhadap ekosistem. Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia beracun/berbahaya bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut.

3) Lingkungan Pertanian

Pupuk yang digunakan berlebihan dapat menimbulkan racun bagi tanaman. Selain memberikan dampak terhadap kualitas tanah, residu pestisida dan pupuk juga dapat menjadi polutan di air jika terbawa oleh aliran air.





D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan 1. Pencemaran Tanah

Tujuan : Untuk mengetahui pencemaran tanah dengan menggunakan indikator pH

Alat dan Bahan

1. Kertas lakmus
2. Tanah
3. Air

Cara Kerja

1. Campurkan tanah dengan air dan kemudian diaduk
2. Celupkan kertas lakmus pada campuran air dan tanah tersebut
3. Amati kadar keasaman pada tanah tersebut
4. Isilah hasil pemeriksaan kadar keasaman tanah pada tabel dibawah ini.

No	Asal Tanah	Kadar Keasaman (pH)	Keterangan (Tingkat Pencemaran)

Kegiatan 2. Observasi Lingkungan tercemar

Tujuan : Dapat mengidentifikasi suatu lingkungan yang tercemar berdasarkan ciri-cirinya

Alat dan bahan :

1. Alat tulis
2. Lingkungan yang terindikasi tercemar
3. Alat dokumentasi (HP, camera dll)

Cara kerja

1. Tentukan satu lokasi yang terindikasi tercemar di lingkungan sekitar
2. Identifikasi macam-macam bahan tercemar yang ada dalam tabel pengamatan
3. Buat dokumentasi bukti pengamatan
4. Diskusikan hasil observasi tadi dalam kelompok kerja @ 5 orang/kelompok
5. Simpulkan termasuk pencemaran apa lingkungan yang diamati





Hasil Pengamatan

LOKASI :

No	Macam bahan pencemar	Kondisi	Keterangan

E. Latihan/Kasus/Tugas

Essay dan Jawaban Singkat

1. Penipisan lapisan ozon menyebabkan sebagian besar radiasi sinar UV terpancar ke permukaan bumi. Sinar UV memiliki dampak yang buruk terhadap makhluk hidup, diantaranya
2. Saat ini kita sulit menemukan lingkungan yang sehat, diimana-mana banyak tumpukan sampah yang mencemari lingkungan terutama di kota-kota yang padat penduduk. Kesadaran akan peduli lingkungan perlu digalahkan. Apa yang dapat anda lakukan sebagai individu untuk meminimalisir pencemaran lingkungan?
3. Apa yang dimaksud dengan hujan asam?
4. Global warming (pemanasan global) menjadi masalah yang mendunia saat ini. Bagaimana pendapat anda tentang hal ini dan sebutkan beberapa dampak dari pemanasan global bagi masyarakat?
5. Sebutkan contoh polutan yang dapat menyebabkan penipisan ozon
6. Apakah dampak dari polusi air terhadap kegiatan rumah tangga?
7. Sebutkan juga jenis mikroorganisme patogen yang dapat tersebar melalui air beserta penyakit yang dapat ditimbulkannya?
8. Jelaskan bahaya yang dapat timbul dari keracunan timbal!
9. Apa yang dimaksud dengan eutrofikasi?
10. Jelaskan hubungan antara kadar DO di perairan dengan tingkat polusi air oleh limbah yang mudah busuk!





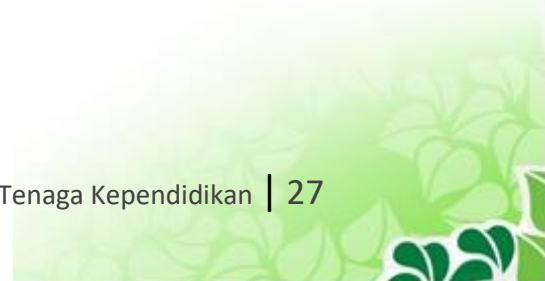
F. Rangkuman

Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No 18/1999 Jo.85/1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha atau kegiatan manusia. Dengan kata lain limbah merupakan suatu barang sisa dari suatu kegiatan yang tidak bermanfaat atau bernilai ekonomi lagi.

Berdasarkan tempat asalnya, limbah berasal dari rumah tangga, dari pabrik besar atau dari suatu kegiatan tertentu. Sebagian besar limbah dihasilkan dari aktivitas manusia baik dari kegiatan rumah tangga ataupun industri. Masuknya limbah rumah tangga dan industri ke dalam sungai menyebabkan pencemaran atau polusi air sungai.

Pencemaran dideskripsikan sebagai perubahan keadaan lingkungan baik secara fisik, kimia, ataupun biologi meliputi udara, darat, dan air. Makhluk hidup, zat, energi, atau komponen penyebab pencemaran disebut polutan atau pencemar. Contoh polutan makhluk hidup atau polutan biologi adalah bakteri penyebab penyakit pada sampah dan kotoran.

Pencemaran terbagi atas pencemaran air, udara, darat. Pencemaran ini banyak berasal dari aktivitas manusia yang kurang peduli pada lingkungan sehingga berdampak pada penurunan kualitas lingkungan.





G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini , dan mengerjakan tugas dan latihan, apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1	Dapat menjelaskan konsep pencemaran		
2	Dapat mengidentifikasi macam-macam pencemaran		
3	Dapat menganalisis dampak polusi terhadap lingkungan sekitar		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul / pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi pada Kegiatan Pembelajaran 1.





Kegiatan Pembelajaran 2. Limbah

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan peserta diklat mampu memahami konsep limbah dan mengidentifikasi jenis-jenis limbah serta menganalisis parameter-parameter kualitas limbah tersebut.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

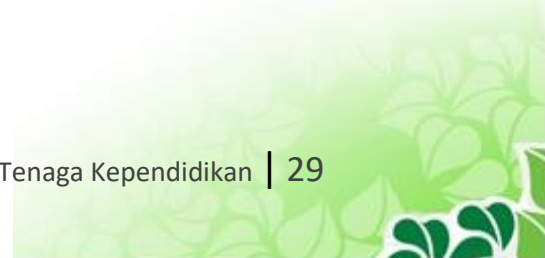
1. Mampu memahami konsep limbah dan hubungannya dengan baku mutu lingkungan
2. Mampu mengidentifikasi dan mengelompokkan jenis-jenis limbah
3. Mampu menganalisis parameter-parameter kualitas limbah

C. Uraian Materi

1. Pengertian Limbah dan Baku Mutu Lingkungan

Berdasarkan Undang-Undang no. 18 Tahun 2008, *limbah atau sampah* adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat. Sementara berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No 18/1999 Jo.85/1999, *limbah* didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha atau kegiatan manusia. Dengan kata lain limbah merupakan suatu barang sisa dari suatu kegiatan yang tidak bermanfaat atau bernilai ekonomi lagi. Limbah dapat menimbulkan dampak negative apabila jumlah atau konsentrasinya telah memiliki baku mutu lingkungan.

UUD RI No. 23 Tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup mendefinisikan baku mutu lingkungan sebagai ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energy, atau komponen yang ada atau harus ada atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumberdaya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.



Dengan kata lain, baku mutu lingkungan adalah ambang batas atau batas kadar maksimum suatu zat atau komponen yang diperbolehkan berada di lingkungan agar tidak menimbulkan dampak negatif. Jenis limbah yang berbeda dapat memiliki baku mutu yang berbeda di lingkungan.

Tabel 4. Baku Mutu Jenis Limbah Anorganik dalam Air yang Diperuntukkan Sebagai Air Minum

No	Jenis Limbah	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1	Air Raksa	mg/liter	0,001
2	Arsenik	mg/liter	0,01
3	Boron	mg/liter	0,3
4	Kadmium	mg/liter	0,003
5	Tembaga	mg/liter	2
6	Sianida	mg/liter	0,07
7	Fluorida	mg/liter	1,5
8	Timah	mg/liter	0,01
9	Nikel	mg/liter	0,02
10	Nitrat	mg/liter	50

2. Pengelompokan Limbah

Setiap limbah memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Sebelum memulai proses pengolahan, harus diketahui dulu karakteristik limbah yang akan diolah. Sifat limbah cair yang perlu diketahui adalah volume aliran, konsentrasi organik, karakteristik dan toksisitas. Tingkat bahaya keracunan yang disebabkan oleh limbah juga bergantung pada jenis dan karakteristik limbah.

- a. Berdasarkan sumber atau asal limbah, limbah terbagi atas beberapa golongan, yaitu :
 - 1) Limbah domestik atau disebut juga limbah rumah tangga yaitu semua limbah yang berasal dari kamar mandi, dapur, tempat cuci pakaian, dan lain sebagainya, yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri atas zat organik baik padat maupun cair, bahan berbahaya dan beracun, garam terlarut, lemak.

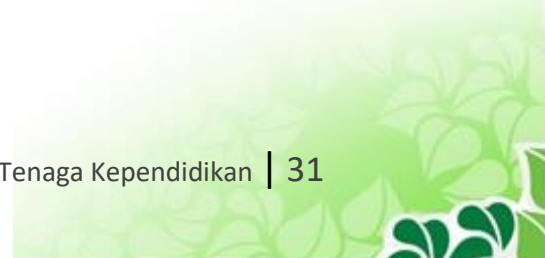


- 2) Limbah nondomestik, yaitu limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, dan transportasi serta sumber-sumber lainnya. Limbah pertanian biasanya terdiri atas pestisida, bahan pupuk dan lainnya.
- b. Jenis limbah berdasarkan komponen penyusunnya dibedakan atas:
- 1) Limbah organik adalah limbah yang diuraikan secara sempurna oleh proses biologi dan mudah membusuk, seperti sisa makanan, sayuran, dedaunan kering, potongan kayu, dan sebagainya. Limbah organik pada umumnya berasal dari limbah rumah tangga, hotel, restoran, perkantoran, dan limbah pertanian. Limbah tersebut masih banyak mengandung air, serat, dan senyawa organik kompleks.



Gambar 7. Limbah Organik dan Limbah Anorganik
Sumber. <http://mazmuiz.blogspot.co.id/2015/01/pengertian-limbah-organik.html>

- 2) Limbah anorganik adalah limbah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi. Limbah ini tidak dapat diuraikan oleh organisme detrivor atau dapat diuraikan dalam jangka waktu lama, sehingga biasanya limbah anorganik didaur ulang menjadi produk-produk yang dapat digunakan kembali oleh manusia. Contohnya kaleng aluminium didaur ulang menjadi kaleng aluminium kembali atau kertas bekas didaur ulang menjadi kertas siap pakai lagi.





Gambar 8. Limbah Anorganik

Sumber. <http://sistem-pertanian-terpadu.blogspot.co.id/2013/01/jenis-jenis-limbah-dan-daur-ulang.html>

Jenis limbah berdasarkan karakteristiknya dibedakan atas :

- a. Limbah padat adalah hasil buangan industri maupun domestik yang berupa padatan, lumpur, atau bubur yang berasal dari suatu proses pengolahan ataupun sampah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, kegiatan perdagangan, perkantoran, peternakan, pertanian serta dari tempat-tempat umum.



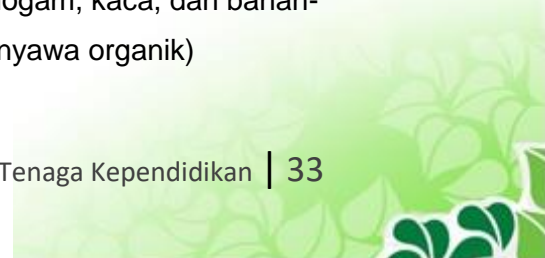
Gambar 9. Tumpukan sampah yang memenuhi separuh badan jalan di Jalan Akses UI, Depok, Jawa Barat

Sumber. <http://www.antaranews.com/foto/39091/penukupan-sampah>

Menurut Hadiwiyoto (1983:23), ada beberapa macam penggolongan sampah yaitu: asal, komposisi, bentuk, lokasi, proses terjadinya, sifat, dan jenisnya.



- 1) Penggolongan sampah berdasarkan asalnya :
 - a) Sampah hasil kegiatan rumah tangga (rumah sakit, hotel, dan kantor)
 - b) Sampah hasil kegiatan industri/pabrik
 - c) Sampah hasil kegiatan pertanian
 - d) Sampah hasil kegiatan perdagangan
 - e) Sampah hasil kegiatan pembangunan
 - f) Sampah jalan raya
- 2) Penggolongan sampah berdasarkan komposisinya :
 - a) Sampah seragam (kertas, karton, kertas karbon dan semacamnya)
 - b) Sampah campuran (beraneka ragam dan beracampur menjadi satu)
- 3) Penggolongan sampah berdasarkan bentuknya :
 - a) Sampah padatan (daun, kertas, karton, kaleng, plastik, dan logam)
 - b) Sampah cairan (bekas air pencuci, bekas cairan yang tumpah, tetes tebu, dan limbah industri cair)
 - c) Sampah berbentuk gas (karbodioksida amonia, H_2S , dan lainnya)
- 4) Penggolongan sampah berdasarkan lokasinya :
 - a) Sampah kota (yang berkumpul di kota-kota besar)
 - b) Sampah daerah (yang terkumpul di daerah-daerah luar perkotaan)
- 5) Penggolongan sampah berdasarkan proses terjadinya :
 - a) Sampah Alami (rontokan dedaunan)
 - b) Sampah Non Alami (plastik dan kertas)
- 6) Penggolongan sampah berdasarkan sifatnya :
 - a) Sampah Organik (dedaunan, kayu, tulang, sisa makanan ternak, sayur, dan buah)
 - b) Sampah Anorganik (kaleng, plastik, besi, logam, kaca, dan bahan-bahan lainnya yang tidak tersusun oleh senyawa organik)





Kegiatan Pembelajaran 2

7) Penggolongan sampah berdasarkan jenisnya :

- a) Sampah makanan
- b) Sampah kebun/ pekarangan
- c) Sampah kertas
- d) Sampah plastik, karet, dan kulit
- e) Sampah kain
- f) Sampah kayu
- g) Sampah logam
- h) Sampah gelas dan keramik
- i) Sampah abu dan debu

- b. Limbah cair adalah hasil buangan industri maupun domestik yang berbentuk cair, yang biasanya dibuang langsung ke perairan atau selokan.



Gambar 10. Pencemaran Limbah Cair
Sumber. <http://bibimnugroho.blogspot.co.id/2014/10/evaluasi-mengenai-dampak-lingkungan.html>

- c. Limbah gas adalah hasil buangan industri yang disebabkan oleh sumber alami maupun sebagai hasil aktivitas manusia yang berbentuk molekul-molekul gas dan pada umumnya memberikan dampak buruk terhadap makhluk hidup dan lingkungan. Di udara, terkandung unsur-unsur kimia seperti O_2 , N_2 , NO_2 , CO_2 , H_2 , dan lain-lain. Limbah gas yang dibuang ke udara biasanya juga mengandung partikel-partikel bahan padatan (misalnya abu) atau cairan (misalnya tetesan asam sulfat) yang berukuran sangat kecil dan ringan sehingga tersuspensi dengan gas tersebut. Partikel bahan padatan atau cairan ini bisa disebut sebagai materi partikulat.





Gambar 11. Pencemaran Gas

Sumber. <http://enviroair.blogspot.co.id/2013/02/sumber-sumber-pencemar-udara-alamiah.html>

3. Parameter Kualitas Limbah

Pencemaran lingkungan dapat diukur dengan parameter kualitas limbah. Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran yang sudah terjadi di lingkungan. Beberapa parameter kualitas air terbagi menjadi parameter kualitas fisik, kualitas kimia, dan kualitas biologi. Pengukuran kualitas air **secara kimia** dapat dilakukan dengan mengukur *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxygen* (DO), dan pH. Pengukuran fisik dapat dilakukan dengan memperhatikan warna, bau, dan rasa air sungai, kecepatan laju air dengan bola pingpong, penetrasi cahaya, serta dalam dan lebar sungai. Pengukuran biologi dilakukan dengan menghitung indeks keanekaragaman dan kelimpahan organisme air seperti plankton, bentos, serangga air, moluska, ikan dan lainnya.

Air limbah mungkin mengandung lebih dari satu macam polutan. Sebagai contoh, sampah organik yang berasal dari dapur akibat adanya aktivitas manusia adalah suatu bahan buangan yang mengandung mikroorganisme. Pemeriksaan kualitas air dilakukan untuk mengetahui apakah air limbah tersebut terpolusi atau tidak.

Pada kegiatan pembelajaran ini, kita akan membahas parameter yang termasuk sebagai **parameter fisika** antara lain:





Kegiatan Pembelajaran 2

a. Kepadatan

Air memiliki kepadatan maksimum (satu) pada suhu 4°C . Pada saat suhu air naik lebih dari 4°C , kepadatan atau berat jenis air akan turun, demikian juga sebaliknya. Perubahan tersebut yang akan menyebabkan pelapisan-pelapisan suhu air pada danau atau perairan yang dalam. Pada perairan yang beriklim dingin, air akan membeku hanya pada bagian atasnya saja sedangkan pada bagian bawah masih bersifat cair sehingga kehidupan organisme akuatik masih tetap berlangsung.

b. Kecerahan dan Kekeruhan Air

Kecerahan dan kekeruhan air dalam suatu perairan dipengaruhi oleh jumlah cahaya matahari yang masuk kedalam perairan. Kecerahan air tergantung pada warna dan kekeruhan air. Kecerahan merupakan ukuran transparansi air yang ditentukan secara visual menggunakan *secchi disk*. Kecerahan sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan dan padatan tersuspensi. Pengukuran kecerahan sebaiknya dilakukan pada saat cuaca cerah.

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang nantinya akan menentukan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terkandung didalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (lumpur dan pasir halus), maupun bahan organik berupa plankton dan mikroorganisme lain.

c. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting di dalam mempengaruhi dan pertumbuhan mikroorganisme. Suhu mempengaruhi seluruh proses kimia dan biologi karena suhu memiliki pengaruh langsung pada beberapa faktor penting seperti pertumbuhan, kebutuhan oksigen, kebutuhan makanan dan efisiensi konversi makanan. Semakin tinggi suhu, semakin besar kebutuhan akan oksigen dan makanan sehingga mendukung laju pertumbuhan.





Kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat sebagai berikut:

- 1) Jumlah oksigen terlarut dalam air akan menurun
- 2) Kecepatan reaksi kimia meningkat
- 3) Kehidupan ikan dan hewan lainnya akan terganggu
- 4) Jika telah melewati batas ambang suhu, ikan dan hewan air lainnya akan mati.

Suhu air yang ideal bagi organisme perairan sebaiknya tidak terlalu mencolok antara siang dan malam. Pada perairan yang tergenang dan memiliki kedalaman air minimal 1,5 m (misalnya danau/waduk) biasanya akan terjadi pelapisan atau stratifikasi suhu. Pelapisan ini terjadi karena suhu permukaan air lebih tinggi dibandingkan dengan suhu air dibagian bawahnya. Pada danau yang tercemar, akan terjadi perbedaan suhu yang signifikan, sehingga menyebabkan hanya beberapa organisme yang dapat hidup di perairan tercemar tersebut.

d. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Air limbah terdiri kira-kira 99,9 % air. Jumlah padatan yang tersuspensikan didalamnya sangatlah kecil sehingga dinyatakan dalam satuan ppm (*part per million* atau per sejuta), Jumlah tersebut nampaknya kecil, namun besarnya volume air limbah yang dihasilkan rumah tangga menghasilkan berton-ton bahan padatan (Michael J, Pelezar Jr, 1988).

Air limbah selalu mengandung sejumlah padatan (TDS) yang dapat dibedakan atas empat kelompok berdasarkan besar partikelnya dan sifat-sifat lainnya, terutama kelarutannya, yaitu:

- 1) Padatan terendap (sedimen)
- 2) Padatan tersuspensi dan koloid
- 3) Padatan terlarut
- 4) Minyak dan lemak

Setelah mengetahui parameter fisika dalam pengolahan limbah, selanjutnya berikut ini merupakan **parameter kimia** dalam pengolahan limbah yang biasa digunakan, antara lain:





Kegiatan Pembelajaran 2

a. Keasaman air (pH)

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Air buangan yang mempunyai pH tinggi atau rendah dapat membunuh mikroorganisme air yang diperlukan. Air yang mempunyai pH rendah membuat air bersifat korosif terhadap bahan konstruksi seperti besi. Batas toleransi pH yang akan dibuang ke lingkungan adalah sekitar 6-9.

Ditetapkannya parameter pH 6-9 agar mikroorganisme dan biota yang terdapat dalam lingkungan atau badan perairan yang menerima buangan limbah tersebut tidak terganggu.

b. Alkalinitas

Tinggi rendahnya alkalinitas air ditentukan oleh senyawa karbonat, bikarbonat, garam hidroksida, kalium, magnesium dan natrium dalam air. Semakin tinggi kesadahan suatu air maka air tersebut semakin sulit membuih. Penggunaan air ketel selalu diupayakan agar air yang dimaksud mempunyai kesadahan rendah. Jika air mengandung zat tersebut dalam konsentrasi tinggi, hal ini dapat menimbulkan terjadinya kerak pada dinding dalam ketel maupun pada pipa pendingin. Oleh sebab itu, untuk menurunkan kesadahan air dilakukan pelunakan air. Pengukuran alkalinitas air adalah pengukuran kandungan ion CaCO_3 , ion Ca, ion Mg, bikarbonat, karbonat dan lain-lain.

c. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk memecah atau mendegradasi senyawa organik dengan bantuan mikroorganisme disebut dengan kebutuhan oksigen biologik (*Biochemical Oxygen Demand*). Adanya bahan organik dalam air buangan limbah akan merangsang pertumbuhan mikroorganisme perairan dan dengan kehadiran material organik dalam jumlah besar menimbulkan bertambahnya jumlah populasi mikroorganisme perairan.





d. *Chemical Oxygen Demand*

Jumlah bahan organik di dalam limbah dapat diketahui lebih cepat dari uji COD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan oksidan. Uji ini disebut dengan uji COD, yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan, misalnya kalium dikromat, untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air.

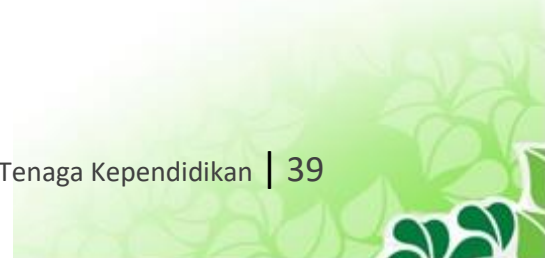
Untuk parameter biologi yang sering digunakan dalam pengukuran air limbah adalah:

a. Bakteri Coliform

Bakteri coliform adalah bakteri indikator adanya pencemaran bakteri pathogen terutama pada air. Makin sedikit kandungan coliform, maka kualitas air dinyatakan semakin baik. Contoh bakteri coliform adalah *Escherichia coli* (*E. coli*) dan *Enterobacter aerogenes*. Bakteri kelompok ini tidak menimbulkan penyakit tertentu secara langsung, namun keberadaannya dalam air minum menunjukkan tingkat sanitasi rendah. Oleh karena itu, air minum harus bebas dari semua jenis koliform.

Bakteri coliform secara umum dibedakan atas dua tipe, yaitu fecal coliform dan nonfecal coliform. Bakteri *E. coli* termasuk dalam coliform fecal dan keberadaannya menjadi indikator pencemaran air oleh feses. *E. coli* digunakan sebagai indikator pemeriksaan kualitas bakteriologis secara universal karena beberapa alasan, antara lain :

- 1) *E. coli* secara normal hanya ditemukan di saluran pencernaan manusia (sebagai flora normal) atau pada hewan mamalia.
- 2) *E. coli* mudah diperiksa di laboratorium dan sensitivitasnya tinggi jika pemeriksaan dilakukan dengan benar.
- 3) Bila ditemukan bakteri tersebut dalam *E. coli*, maka air tersebut dianggap berbahaya bagi penggunaan domestik.
- 4) Ada kemungkinan bakteri enteric pathogen yang lain dapat ditemukan bersama-sama dengan *E.coli* dalam air tersebut.





D. Aktivitas Pembelajaran

Observasi:

1. Secara berkelompok, amatilah pasar tradisional di sekitar Anda tinggal.
2. Jenis-jenis limbah (organik/anorganik) apa saja yang terlihat di pasar tersebut
3. Apakah disekitar pasar tersebut terdapat TPA
4. Bagaimana kondisi lingkungan (tanah, air, dan udara). Sejauh mana polusi yang terjadi di pasar tradisional tersebut
5. Kaitkan hasil pengamatan Anda dengan parameter-parameter penentuan kualitas limbah
6. Diskusikan bersama teman kelompok anda
7. Buatlah laporan dan presentasikan di depan kelas agar mendapat masukan dari kelompok lain (kolaboratif)
8. Hasil akhir di kumpulkan kepda fasilitator sebagai bahan penilaian Fortofolio

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Jelaskan jenis-jenis limbah berdasarkan sumber atau asal limbahnya.
2. Jelaskan parameter kualitas limbah secara fisika
3. Jelaskan parameter kualitas limbah secara kimia
4. Lingkungan pertanian sering diidentifikasi sebagai lingkungan yang aman bagi lingkungan, akan tetapi sebenarnya lingkungan pertanian modern tidak sepenuhnya aman.

Identifikasikan minimal 3 sumber polutan yang dihasilkan dari lingkungan pertanian dan dampaknya bagi lingkungan sekitar





F. Rangkuman

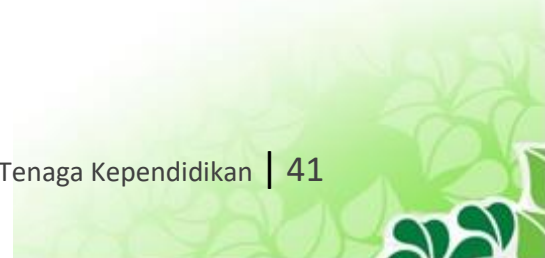
Tingkat bahaya keracunan yang disebabkan oleh limbah juga bergantung pada jenis dan karakteristik limbah. Berdasarkan sumber atau asal limbah, limbah terbagi atas beberapa golongan, yaitu :

1. Limbah domestik yaitu semua limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga, yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri atas zat organik baik padat maupun cair, bahan berbahaya dan beracun, garam terlarut, lemak.
2. Limbah nondomestik, yaitu limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, dan transportasi serta sumber-sumber lainnya.

Sementara itu, berdasarkan komponen penyusunnya, jenis limbah dibedakan atas

1. Limbah organik adalah limbah yang diuraikan secara sempurna oleh proses biologi dan mudah membusuk, seperti sisa makanan, sayuran, dedaunan kering, potongan kayu, dan sebagainya.
2. Limbah anorganik adalah limbah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi. Contohnya kaleng aluminium didaur ulang menjadi kaleng aluminium kembali atau kertas bekas didaur ulang menjadi kertas siap pakai lagi.

Pencemaran lingkungan dapat diukur dengan parameter kualitas limbah. Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran yang sudah terjadi di lingkungan. Parameter tersebut terbagi atas parameter fisika yang terdiri dari kesadahan, kecerahan dan kekeruhan, total suspense terlarut, dan sebagainya, parameter kimia yang terdiri atas pengukuran pH, BOD, COD, dan DO serta adanya parameter biologi dengan menentukan ada atau tidaknya bakteri coliform dalam suatu perairan.





G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini , dan mengerjakan tugas dan latihan , apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1	Dapat menjelaskan jenis-jenis limbah berdasarkan karakteristiknya		
2	Dapat menganalisis parameter-parameter fisika		
3	Dapat menganalisis parameter-parameter kimia		
4	Dapat menganalisis parameter-parameter biologi		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul / pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi yang pada kolom tidak tersebut.





Kegiatan Pembelajaran 3.

Penanganan dan Pengolahan Limbah Cair

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan peserta diklat mampu menangani dan mengolah limbah cair.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Mampu menjelaskan proses pengolahan limbah cair secara bertahap
2. Mampu menganalisis tiap proses pengolahan limbah cair

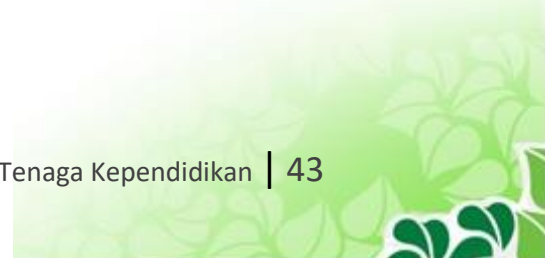
C. Uraian Materi

1. Pengertian Limbah Cair

Menurut PP 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, yang dimaksud dengan air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair merupakan salah satu jenis limbah yang dapat dikeluarkan dalam bentuk cair atau bersamaan dengan limbah padat maupun gas. Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup.

Menurut Sugiharto (1987), komposisi air limbah tergantung dari sumbernya, namun sebagian besar air limbah memiliki komposisi sebagai berikut :

1. Air 99,9%
2. Bahan padat (0,1%) yang terbagi atas bahan padat organik (protein, karbohidrat, lemak) dan anorganik (butiran, garam, metal)





Kegiatan Pembelajaran 3

Air limbah berasal dari dua jenis sumber yaitu air limbah rumah tangga, air limbah industri, dan air limbah rembesan dan tambahan (Sugiharto, 1987). Sumber-sumber air limbah dapat berasal dari rumah tangga, industri, daerah perumahan, daerah perdagangan, daerah kelembagaan, dan daerah rekreasi. Anonim (2010) menyatakan bahwa sumber air limbah secara garis besar dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Air buangan yang bersumber dari rumah tangga (*domestic wastes water*) yaitu air limbah yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah ini terdiri dari ekskreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi. Pada umumnya limbah rumah tangga terdiri dari bahan-bahan organik.
- b. Air buangan industri (*industrial wastes water*) yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi. Zat-zat yang terkandung didalamnya sangat bervariasi sesuai dengan bahan baku yang dipakai oleh masing-masing industri antara lain: nitrogen, sulfida, amoniak, lemak, garam-garam, zat pewarna, mineral, logam berat, zat pelarut, dan sebagainya. Oleh sebab itu pengolahan jenis air limbah ini menjadi lebih rumit karena harus mempertimbangkan dampaknya pada lingkungan.
- c. Air buangan kota (*municipal wastes water*) yaitu air buangan yang berasal dari daerah perkantoran, perdagangan, hotel, restoran, tempat-tempat umum, tempat-tempat ibadah, dan sebagainya. Pada umumnya zat-zat yang terkandung dalam jenis air limbah ini sama dengan air limbah rumah tangga.

2. Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik air limbah perlu dikenal karena hal ini akan menentukan cara pengolahan yang tepat sehingga tidak mencemari lingkungan. Jenis dan karakteristik limbah cair perlu dilakukan analisa terlebih dahulu agar bisa dilakukan penanganan dengan efektif dan efisien dalam melakukan pengolahannya. Untuk mengetahui karakteristik limbah cair bisa dilakukan beberapa analisa sehingga kita mengetahui air limbah yang dihasilkan suatu industri sudah aman bagi lingkungan atau tidak.





Karakteristik limbah cair bisa dilihat dari sifat racunnya atau sifat-sifat yang dimiliki. Berdasarkan sifat racunnya terbagi atas limbah cair sangat beracun, beracun, kurang beracun, dan tidak beracun. Sedangkan berdasarkan sifat yang dimiliki dilihat dari parameter yang diukur.

Wong java (2008) menyatakan bahwa beberapa parameter yang bisa digunakan yang berfungsi sebagai indikator air yang telah tercemar adalah sebagai berikut :

a. Perubahan bau, rasa, dan warna

Air dalam keadaan normal memiliki karakteristik yang bersih dan tidak bewarna. Biasanya perubahan warna dikarenakan karena adanya macam-macam warna bahan buangan dari suatu industri seperti industri tekstil. Namun belum tentu air bewarna lebih berbahaya daripada air yang tidak bewarna. Sedangkan perubahan bau biasanya dikarenakan kandungan protein yang berasal dari limbah industri. Perubahan rasa dikarenakan adanya perubahan asam dan basa atau tercampurnya bahan tercemar lainnya.

b. Perubahan suhu

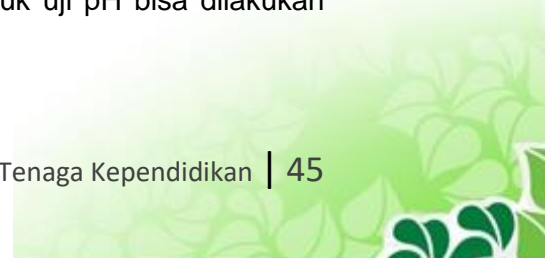
Perubahan suhu dikarenakan adanya mesin pemanas dan pendingin. Air panas hasil buangan suatu industri akan menyebabkan penurunan oksigen terlarut. Sedangkan pembuangan air dingin bisa menyebabkan terganggunya pertumbuhan mikroorganisme.

c. Kekeruhan

Kekeruhan dapat disebabkan karena adanya endapan, koloidal dan bahan-bahan tersuspensi pada suatu bahan pencemar yang biasanya ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik yang dihasilkan oleh buangan industry.

d. Perubahan pH

Air yang normal memiliki ph antara 6,5-7,5. perubahan pH ini dikarenakan adanya buangan asam basa dari suatu industri, selain itu perubahan pH dikarenakan adanya aktivitas mikroorganisme. Untuk uji pH bisa dilakukan dengan pHmeter atau kertas lakmus.



e. Adanya radioaktivitas pada air

Adanya radioaktivitas pada air limbah dikarenakan adanya bahan sisa radioaktif dari suatu industri dan bahan-bahan yang mengandung radioaktif.

f. Adanya mikroorganisme

Pada air yang telah tercemar air limbah akan muncul banyak mikroorganisme berbahaya. Mikroorganisme yang tumbuh akan menyebabkan penyakit dan pembusukan.

g. Adanya bahan-bahan logam berat

Apabila air sudah tercemar oleh air limbah, maka air tersebut akan mengandung logam berat. Adapun logam berat yang ada pada air limbah antara lain: Amoniak, Fosfat, Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Klorida (Cl), Mangan (Mn), Kalium, Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Boron (Bo)

Pembuangan air limbah baik yang bersumber dari kegiatan domestik (rumah tangga) maupun industri ke badan air dapat menyebabkan pencemaran lingkungan apabila kualitas air limbah tidak memenuhi baku mutu limbah.

Tabel 5. Parameter baku mutu limbah cair

Parameter	Konsentrasi (mg/L)
COD	100 – 300
BOD	50 – 150
Minyak nabati	5 – 10
Minyak mineral	10 – 50
Zat padat tersuspensi (TSS)	200 – 400
pH	6.0 – 9.0
Temperatur	38 – 40 [°C]
Ammonia bebas (NH ₃)	1.0 – 5.0
Nitrat (NO ₃ -N)	20 – 30
Senyawa aktif biru metilen	5.0 – 10
Sulfida (H ₂ S)	0.05 – 0.1
Fenol	0.5 – 1.0
Sianida (CN)	0.05 – 0.5

Sumber. Muchroddji, 2009

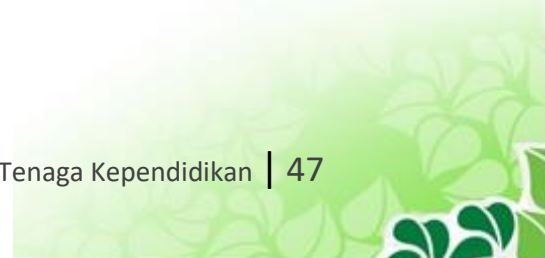


Agar dapat memenuhi baku mutu, industri harus menerapkan prinsip pengendalian limbah secara cermat dan terpadu baik di dalam proses produksi (*in-pipe pollution prevention*) dan setelah proses produksi (*end-pipe pollution prevention*). Pengendalian dalam proses produksi bertujuan untuk meminimalkan volume limbah yang ditimbulkan, juga konsentrasi dan toksisitas kontaminannya. Sedangkan pengendalian setelah proses produksi dimaksudkan untuk menurunkan kadar bahan pencemar sehingga pada akhirnya air tersebut memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan.

Pemilihan proses yang tepat didahului dengan mengelompokkan karakteristik kontaminan dalam air limbah dengan menggunakan indikator parameter yang sudah ditampilkan di tabel di atas. Setelah kontaminan dikarakterisasikan, diadakan pertimbangan secara detail mengenai aspek ekonomi, aspek teknis, keamanan, kehandalan, dan kemudahan peoperasian. Pada akhirnya, teknologi yang dipilih haruslah teknologi yang tepat guna sesuai dengan karakteristik limbah yang akan diolah. Setelah pertimbangan-pertimbangan detail, perlu juga dilakukan studi kelayakan atau bahkan percobaan skala laboratorium yang bertujuan untuk:

- a. Memastikan bahwa teknologi yang dipilih terdiri dari proses-proses yang sesuai dengan karakteristik limbah yang akan diolah.
- b. Mengembangkan dan mengumpulkan data yang diperlukan untuk menentukan efisiensi pengolahan yang diharapkan.
- c. Menyediakan informasi teknik dan ekonomi yang diperlukan untuk penerapan skala sebenarnya.

Solusi terbaik dari pengolahan limbah pada dasarnya ialah menghilangkan limbah itu sendiri. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan menerapkan sistem produksi bersih (*cleaner production*) yang bertujuan untuk mencegah, mengurangi, dan menghilangkan terbentuknya limbah langsung pada sumbernya di seluruh bagian-bagian proses dapat dicapai dengan penerapan kebijaksanaan pencegahan, penguasaan teknologi bersih, serta perubahan mendasar pada sikap dan perilaku manajemen (Muchroddji, 2009).





Kegiatan Pembelajaran 3

Teknologi pengolahan air limbah sangat penting artinya dalam memelihara kelestarian lingkungan. Apapun macam teknologi pengolahan air limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara sehingga teknologi pengolahan yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan teknologi masyarakat yang bersangkutan.

Berbagai teknik pengolahan air buangan untuk menyisihkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan yaitu pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi. Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi.

Menurut Adi Kurnia (2009), dalam pengolahan air limbah industri dikenal 3 parameter utama yaitu:

a. Oksigen terlarut (OT) atau Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen merupakan parameter yang sangat penting dalam air. Sebagian besar makhluk hidup dalam air membutuhkan oksigen untuk mempertahankan hidupnya. Tanaman maupun hewan air bergantung kepada oksigen yang terlarut. Ikan merupakan makhluk air dengan kebutuhan oksigen tertinggi, kemudian invertebrata, dan yang terkecil kebutuhan oksigennya adalah bakteri.

Dalam menganalisa air limbah perlu dilakukan beberapa analisa terhadap oksigen terlarut dalam air. Jumlah oksigen terlarut dalam air berkisar antara 7-14 ppm dimana oksigen terlarut ini berasal dari udara dan hasil fotosintesis. Pada air yang tercemar oleh limbah memiliki akan kadar oksigen terlarut yang cukup rendah karena oksigen tersebut dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi limbah yang ada di dalam air. Oleh karena itu, semakin kecil DO maka semakin tinggi tingkat polusi pada air tersebut

Keseimbangan oksigen terlarut (OT) dalam air secara alamiah terjadi secara bekesinambungan. Mikroorganisme sebagai makhluk terkecil dalam air, untuk pertumbuhannya membutuhkan sumber energi yaitu unsur karbon (C)



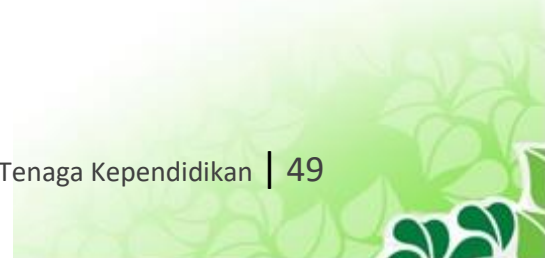


yang dapat diperoleh dari bahan organik yang berasal dari tanaman, ganggang yang mati, maupun oksigen dari udara. Bahan organik tersebut oleh mikroorganisme akan diuraikan menjadi karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). CO_2 selanjutnya dimanfaatkan oleh tanaman dalam air untuk proses fotosintesis membentuk oksigen, dan seterusnya. Oksigen yang dimanfaatkan untuk proses penguraian bahan organik tersebut akan diganti oleh oksigen yang masuk dari udara maupun dari sumber lainnya secepat habisnya oksigen terlarut yang digunakan oleh bakteri. Oksigen yang diambil oleh biota air selalu setimbang dengan oksigen yang masuk dari udara maupun dari hasil fotosintesa tanaman air.

Apabila pada suatu saat bahan organik dalam air menjadi berlebih sebagai akibat masuknya limbah aktivitas manusia (seperti limbah organik dari industri), yang berarti suplai karbon (C) melimpah, menyebabkan kecepatan pertumbuhan mikroorganisme akan berlipat ganda. Kondisi tersebut berakibat meningkatnya kebutuhan oksigen, sementara suplai oksigen dari udara jumlahnya tetap. Pada kondisi seperti ini, kesetimbangan antara oksigen yang masuk ke air dengan yang dimanfaatkan oleh biota air tidak setimbang, sehingga terjadi defisit oksigen terlarut dalam air. Bila penurunan oksigen terlarut tetap berlanjut hingga nol, biota air yang membutuhkan oksigen (aerobik) akan mati, dan digantikan dengan tumbuhnya mikroba yang tidak membutuhkan oksigen atau mikroba anaerobik. Sama halnya dengan mikroba aerobik, mikroba anaerobik juga akan memanfaatkan karbon dari bahan organik. Dari respirasi anaerobik ini terbentuk gas metana (CH_4) disamping terbentuk gas asam sulfida (H_2S) yang berbau busuk. Masuknya zat terlarut lain dalam air mengganggu kelarutan oksigen dalam air.

b. Kebutuhan Oksigen Terlarut atau *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

BOD adalah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk menguraikan senyawa organik dalam air (dinyatakan dalam ppm). Tujuan dilakukannya uji BOD adalah untuk mengetahui jumlah bahan organik yang ada didalam air berdasarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk memecah bahan-bahan organik dalam air.





Kegiatan Pembelajaran 3

Untuk menentukan tingkat penurunan kualitas air dapat dilihat dari penurunan kadar oksigen terlarut (OT) sebagai akibat masuknya bahan organik dari luar, umumnya digunakan uji BOD dan atau COD. Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis (KOB) menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan organik dalam air. Oleh karena itu, nilai BOD bukanlah merupakan nilai yang menunjukkan jumlah atau kadar bahan organik dalam air, tetapi mengukur secara relative jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan-bahan organik tersebut. BOD tinggi menunjukkan bahwa jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik dalam air tersebut tinggi, berarti dalam air sudah terjadi defisit oksigen. Banyaknya mikroorganisme yang tumbuh dalam air disebabkan banyaknya makanan yang tersedia (bahan organik), oleh karena itu secara tidak langsung BOD selalu dikaitkan dengan kadar bahan organik dalam air.

BOD₅ merupakan penentuan kadar BOD baku yaitu pengukuran jumlah oksigen yang dihabiskan dalam waktu lima hari oleh mikroorganisme pengurai secara aerobik dalam suatu volume air pada suhu 20 derajat Celcius. BOD₅ 500mg/liter (atau ppm) berarti 500 mggram oksigen akan dihabiskan oleh mikroorganisme dalam satu liter contoh air selama waktu lima hari pada suhu 20 derajat Celcius.

c. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD adalah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang sukar dihancurkan di dalam air. Erat kaitannya dengan BOD adalah COD. Uji COD dilakukan untuk melengkapi hasil uji BOD karena uji COD memiliki keuntungan antara lain membutuhkan waktu yang lebih sedikit dan lebih praktis. Dalam bahan buangan, tidak semua bahan kimia organik dapat diuraikan oleh mikroorganisme secara cepat.





Bahan organik dalam air bersifat:

- 1) Dapat diuraikan oleh bakteri (biodegradasi) dalam waktu lima hari
- 2) Bahan organik yang tidak teruraikan oleh bakteri dalam waktu lima hari
- 3) Bahan organik yang tidak mengalami biodegradasi

Uji COD ini meliputi semua bahan organik di atas, baik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme maupun yang tidak dapat diuraikan. Oleh karena itu hasil uji COD akan lebih tinggi dari hasil uji BOD.

3. Dampak Limbah Cair

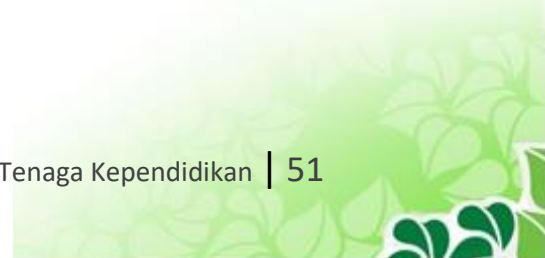
Secara umum, bahaya kesehatan yang berhubungan dengan pencemaran air dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu bahaya langsung dan bahaya tidak langsung. Bahaya langsung terhadap kesehatan masyarakat dapat terjadi akibat mengkonsumsi air yang tercemar atau air dengan kualitas yang buruk, baik secara langsung diminum, melalui makanan, bahkan melalui kegiatan sehari-hari. Sedangkan bahaya tidak langsung dapat terjadi misalnya akibat mengkonsumsi hasil perikanan atau pertanian dimana pada produk perikanan atau pertanian tersebut sudah terakumulasi zat-zat polutan berbahaya bagi tubuh.

4. Pengolahan Limbah Cair

Pada prinsipnya metode proses pengolahan limbah dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis proses, yaitu proses fisika, proses kimia, dan proses biologi. Penerapan masing-masing jenis pengolahan limbah, tergantung pada kualitas air baku dan kondisi fasilitas yang tersedia.

a. Pengolahan Fisika

Pengolahan limbah cair secara fisika dilakukan dengan memisahkan kandungan bahan limbah secara mekanis tanpa penambahan bahan kimia atau tanpa melalui penghancuran secara biologis.





Kegiatan Pembelajaran 3

Pengolahan secara fisika meliputi:

- 1) *Screening* (penyaringan) dilakukan untuk memisahkan padatan tak terlarut yang bentuknya cukup besar.
- 2) *Comminution* dilakukan untuk menghancurkan atau mereduksi padatan yang besarnya tidak seragam menjadi bagian yang lebih kecil dan seragam dengan *comminutor*.
- 3) *Flow Equalisation* dilakukan agar kecepatan aliran konstan dengan bak equalisasi
- 4) *Mixing* (pencampuran) dilakukan jika ada penambahan bahan kimia pada tanki limbah.
- 5) Penggumpalan untuk memperbesar ukuran partikel tak terlarut sehingga menjadi lebih berat dan mudah mengendap di dasar sehingga pemisahan padatan tidak terlarut sehingga nantinya mudah mengendap.
- 6) Pengendapan (sedimentasi) dilakukan untuk memisahkan partikel-partikel tersuspensi yang lebih berat dari air sehingga kotoran-kotoran mengendap dengan gaya beratnya sendiri (gaya gravitasi).
- 7) Pengapungan (*Flotation*) dilakukan untuk memisahkan padatan dari air. Pengapungan dilakukan ketika densitas partikel lebih kecil dibandingkan densitas air sehingga cenderung mengapung sehingga perlu ditambahkan gaya keatas dengan memasukkan udara ke dalam air. Misalnya dalam proses pemisahan lemak dan minyak.
- 8) Filtrasi (penyaringan) dilakukan untuk mengolah limbah yang masih mengandung zat-zat tersuspensi melalui suatu media seperti pasir atau kerikil dengan ukuran tertentu.

b. Pengolahan Kimia

Pengolahan air limbah secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Pengolahan secara kimia meliputi:





- 1) Pengendapan secara kimia
Pengendapan secara kimia dilakukan dengan menambahkan bahan kimia pengendap untuk mengubah bentuk fisik padatan dan tersuspensi sehingga mudah dipisahkan.
- 2) Perpindahan gas
Perpindahan gas adalah proses perpindahan dari fase gas ke fase lain biasanya ke cair, misalnya pada proses aerob dengan aerator.
- 3) Adsorpsi
Adsorpsi merupakan proses pengambilan suatu bahan terlarut diantara dua permukaan dari dalam larutan, misalnya dengan karbon aktif.
- 4) Desinfeksi
Desinfeksi yaitu dengan menambahkan bahan kimia seperti klorin, dengan pemanasan, dan radiasi untuk menghambat aktifitas organisme patogen.
- 5) Dechlorinasi
Dechlorinasi yaitu dengan menghilangkan sisa klorin setelah proses klorinasi dengan menggunakan karbon aktif atau sodium sulfid.

c. **Pengolahan Biologis**

Air limbah yang bersifat *biodegradable* dapat diolah secara biologis. Pengolahan secara biologis dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien.

Pengolahan secara biologis meliputi

- 1) Pengolahan secara aerob
Pada perlakuan ini bahan-bahan organik dalam limbah cair diurai oleh mikroorganisme aerob menjadi bahan yang tidak mencemari, dimana pemecahan ini berlangsung dalam suasana aerob.
- 2) Pengolahan secara anaerob
Pengolahan ini dilakukan dengan peran mikroorganisme yang bersifat anaerob.
- 3) Pengolahan secara fakultatif
Pengolahan ini dilakukan dengan peran bakteri yang bersifat fakultatif, artinya bakteri tersebut dapat bersifat aerob bila ada oksigen dan bersifat anaerob bila tidak tersedia oksigen.





Kegiatan Pembelajaran 3

Contoh pengolahan secara biologis yaitu dengan bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses yang menggunakan mikroorganisme untuk menghilangkan atau mengurangi racun pencemar. Fitoremediasi merupakan salah satu contoh bioremediasi yang mengandalkan peran tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi bahan pencemar baik senyawa organik maupun anorganik.

Fitoremediasi ini berfungsi untuk menyerap karbon dan gas beracun (SO_x dan NO_x) melalui stomata pada permukaan daun saat terjadi fotosintesis dan menyerap logam berat saat terjadi proses transpirasi tanaman setelah diabsorpsi masuk ke dalam perakaran.

5. Limbah Cair Pertanian

- a. Penanganan Limbah dengan menggunakan metode Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

Pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif dikembangkan di Britania Raya (Inggris) pada tahun 1914 oleh Arden dan Lockett. Dinamakan lumpur aktif karena prosesnya melibatkan massa mikroorganisme aktif, biasanya berwarna kelabu hingga kecoklatan. Metode ini biasanya sering digunakan pada proses pengolahan industri kertas (pulp).

Massa mikroorganisme yang terdapat dalam lumpur aktif tersebut umumnya tersusun atas:

- 1) Bakteri seperti spesies *Acinebacter*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, dan *Zoogloea ramigera*.
- 2) Protozoa seperti *Aspidisca*, *Carchesium*, *Opercularia*, *Trachelophyllum*, *Vorticella*)
- 3) Amoeba seperti *Cochliopodium* dan *Euglypha*
- 4) Organisme lain yang ada antara lain jamur, rotifer, dan nematode.

Tahapan proses pengolahan limbah dengan lumpur aktif adalah sebagai berikut:

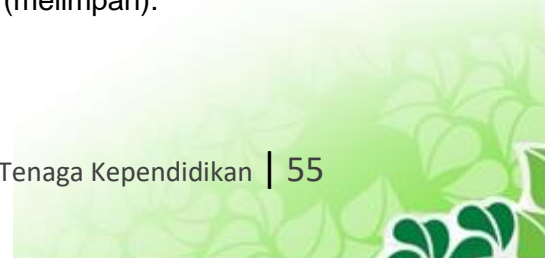




- 1) Air limbah mula-mula dilewatkan pada saringan kasar (*screen*) untuk memisahkan sampah berukuran besar, kemudian dipompa menuju bak pengendap atau penampung awal untuk mengendapkan padatan tersuspensi sekitar 30-40%. Bak pengendap atau penampung ini juga dilengkapi dengan alat pengatur debit aliran.
- 2) Air limpahan dari bak pengendap awal dialirkan ke bak aerasi secara gravitasi. Di dalam bak aerasi ini air limbah diaerasi (dihembuskan O₂) dengan sebuah *blower* sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan polutan organik yang ada dalam air limbah, berkembangbiak, hingga terbentuk biomassa aktif berwarna kelabu atau coklat kehitaman yang disebut lumpur aktif.
- 3) Dari bak aerasi, air beserta kelebihan lumpur aktif dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini, sebagian lumpur aktif diendapkan dan dipompa kembali ke bagian *inlet* bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sementara sebagian lumpur lagi akan dialirkan kembali menuju bak pengering lumpur setelah dilakukan disinfeksi terlebih dahulu untuk dibuang atau dibakar. Pembuangan lumpur ini bertujuan untuk menjaga kestabilan jumlah lumpur aktif.
- 4) Air limpahan dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak khlorinasi. Di dalam bak kontaktor khlor ini air limbah dikontakkan ke senyawa khlor untuk membunuh mikroorganisme patogen. Air olahan merupakan air hasil dari proses pengolahan setelah proses klorinasi. Air ini aman untuk langsung dibuang ke sungai atau saluran.

Kelebihan dan kekurangan sistem pengolahan lumpur aktif adalah sebagai berikut:

- 1) Kelebihan dari metode pengolahan lumpur aktif antara lain :
 - a) Metode ini dapat mengolah air limbah dengan beban BOD yang cukup besar yaitu sekitar 250-300 mg/liter.
 - b) Tidak memerlukan lahan yang luas.
 - c) Mampu membentuk gumpalan yang dapat menyerap bahan anorganik seperti logam berat.
 - d) Jumlah biomassa tidak akan pernah habis (melimpah).





Kegiatan Pembelajaran 3

- 2) Kekurangan dari metode pengolahan lumpur aktif antara lain:
 - a) Diperlukan pengontrolan yang relatif ketat agar diperoleh perbandingan yang tepat antara jumlah nutrisi dan jumlah mikroorganisme yang ada.
 - b) Sering menimbulkan bau bila jumlah lumpur terlalu banyak.
 - c) Memerlukan suplai oksigen terus menerus.

b. Kolam Aerasi (*Lagoon Aeration*)

Kolam aerasi adalah sebuah kolam yang dilengkapi dengan aerator. Aerator ini akan menampung air limbah dalam sebuah kolam besar yang diatur supaya susasana aerob tetap berjalan melalui pengadukan mekanis. Suplai oksigen juga akan mendapat bantuan dari fotosintesis alga maupun ganggang dalam kolam tersebut.

Metode ini sering diaplikasikan pada sistem pengolahan air limbah pada industri pangan dan perikanan.

- 1) Kelebihan dari metode kolam aerasi antara lain:
 - a) Biaya pemeliharaan rendah.
 - b) Output yang dihasilkan baik karena daya larut oksigen dalam air limbah lebih besar sehingga mengoptimalkan kinerja mikroorganisme.
 - c) Dapat menampung air limbah dengan kuantitas volume yang sangat besar.
 - d) Tidak menimbulkan bau
- 2) Kekurangan dari metode kolam aerasi antara lain:
 - a) Membutuhkan lahan yang luas
 - b) Membutuhkan energi yang besar karena disamping untuk suplai oksigen juga untuk pengadukan secara sempurna





c. Saringan Tetes (*Trickling Filter*)

Saringan tetes merupakan wahana penyaring berbentuk silinder dengan media berpori yang disusun secara bertumpuk. Proses kerja dari reaktor ini yaitu dengan mendistribusikan air limbah melalui bagian atas oleh lengan yang dapat berputar sehingga membentuk spray atau tetes-tetes kecil, kemudian kontak dengan mikroorganisme yang menempel pada media. Tujuannya adalah untuk menyebarkan air limbah ke permukaan seluruh media secara merata.

Media sendiri berupa potongan-potongan batu kerikil atau zeolite, silica, arang, ataupun bahan isian dari plastik yang berukuran antara 40-80 mm. Permukaan batuan ini mengandung lapisan (film) mikroorganisme, biasanya bakteri *Zooglea ramigera*, dan spesies protozoa bersilia (*Carchesium*, *Opercularia*, *Vorticella*). Suplai oksigen didapat dari penghembusan oleh blower dari bagian bawah.

Penghembusan oleh blower ini juga berfungsi untuk mendistribusikan air limbah menjadi tetesan kecil pada lengan putar. Metode saringan tetes biasanya diaplikasikan sistem pengolahan limbah cair domestik dan industri obat herbal.

1) Kelebihan dari metode *trickling filter* antara lain :

- a) Tidak memerlukan lahan yang terlalu luas serta mudah pengoperasiannya
- b) Sangat ekonomis dan praktis
- c) Tidak membutuhkan pengawasan yang ketat
- d) Suplai oksigen dapat diperoleh secara alamiah melalui permukaan paling atas media

2) Kekurangan dari metode *trickling filter* antara lain :

- a) Tidak bisa diisi dengan beban volume yang tinggi mengingat masa biologi pada filter akan bertambah banyak sehingga bisa menimbulkan penyumbatan filter.
- b) Timbulnya bau yang tidak sedap.
- c) Prosesnya sering terganggu oleh lalat-lalat yang datang menghampiri





D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan 1. Pencemaran Air

Tujuan : Mengetahui bahan-bahan pencemar dan mengetahui tingkat pencemar

Alat dan Bahan

1. Tongkat kayu
2. Botol gelas aqua
3. Buku/kertas
4. Pena
5. Kamera
6. Air (bisa dari kolam, sungai, dll)

Cara Kerja

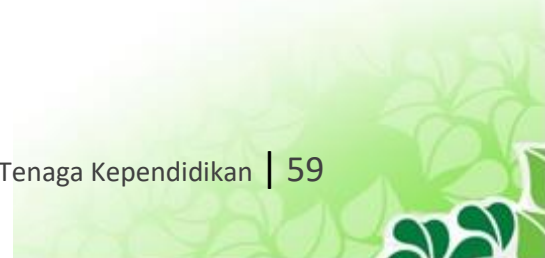
1. Siapkanlah peralatan dan bahan yang akan digunakan.
2. amatilah jenis pencemaran yang berada di dalam maupun di pinggiran danau atau sungai.
3. Analisis sumber pencemar tingkat fisik pada perairan tersebut.
4. Amatilah adakah organisme hidup yang berada di sekitar perairan sebagai indikator biologis.
5. Ambilah beberapa liter contoh air.
6. amatilah sifat fisik air pada perairan tersebut mulai dari warna, bau, dan rasa.
7. Catatlah hasil pengamatan pada lembar kerja atau lembar pengamatan.





E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Metode pengolahan limbah cair yang paling efektif digunakan untuk menghilangkan polutan berupa minyak atau lemak adalah...
 - a. Penyaringan
 - b. Pengendapan
 - c. Pengapungan
 - d. Disinfeksi
 - e. Filter Udara
2. Proses disinfeksi pada pengolahan limbah cair bertujuan untuk
 - a. Mengapungkan zat padat
 - b. Membunuh mikroorganisme
 - c. Pengendapan zat padat
 - d. Mengeringkan lumpur
 - e. Memisahkan logam
3. Salah satu metode pengolahan limbah yang memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri aerob adalah
 - a. Metode deep well injection
 - b. Metode secure landfill
 - c. Metode trickling filter
 - d. Desinfeksi
 - e. Klorinasi
4. Berikut ini merupakan hal-hal yang tidak mempengaruhi dalam proses desinfeksi
 - a. Daya racun zat
 - b. Efektifitas zat
 - c. Kadar dosis yang digunakan
 - d. Kadar CO₂ yang terkandung
 - e. Ketahanan terhadap air





Kegiatan Pembelajaran 3

5. Salah satu ciri air yang belum tercemar yaitu memiliki pH antara
 - a. 6- 7
 - b. 5-14
 - c. 7-8
 - d. 9-14
 - e. 10-14

6. Dari hasil observasi yang dilakukan di lingkungan perairan ditemukan data sebagai berikut; suhu 20⁰ C, kecerahan 30 cm, pH 5, CO₂ 10 ppm, DO nya rendah (5 ppm) dan terdapat colliform.
Melihat kondisi yang ada, apa yang dapat anda simpulkan dan bagaimana dampaknya terhadap biota air dan manusia yang ada di sekitar dan bagaimana cara penangannya?

F. Rangkuman

Menurut PP 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, yang dimaksud dengan air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair merupakan salah satu jenis limbah yang dapat dikeluarkan dalam bentuk cair atau bersamaan dengan limbah padat maupun gas.

Menurut Sugiharto (1987), komposisi air limbah tergantung dari sumbernya, namun sebagian besar air limbah memiliki komposisi sebagai berikut:

1. Air 99,9%
2. Bahan padat (0,1%) yang terbagi atas bahan padat organik (protein, karbohidrat, lemak) dan anorganik (butiran, garam, metal).





Anonim (2010) menyatakan bahwa sumber air limbah secara garis besar dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Air buangan yang bersumber dari rumah tangga
2. Air buangan industry
3. Air Buangan kota

Wong java (2008) menyatakan bahwa beberapa parameter yang bisa digunakan yang berfungsi sebagai indikator air yang telah tercemar adalah sebagai berikut:

1. Perubahan bau, rasa, dan warna
2. Perubahan suhu
3. Kekeruhan
4. Perubahan pH
5. Adanya radioaktivitas pada air
6. Adanya bahan-bahan logam berat

Menurut Adi Kurnia (2009), dalam pengolahan air limbah industri dikenal 3 parameter utama yaitu:

1. Oksigen terlarut (OT) atau *Dissolved Oxygen* (DO)
2. Kebutuhan Oksigen Terlarut atau *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)
3. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pada prinsipnya metode proses pengolahan limbah dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis proses, yaitu proses fisika, proses kimia, dan proses biologi. Penerapan masing-masing jenis pengolahan limbah, tergantung pada kualitas air baku dan kondisi fasilitas yang tersedia.





G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini , dan mengerjakan tugas dan latihan, apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1	Dapat menjelaskan pengertian dan karakteristik limbah cair		
2	Dapat menganalisis berbagai jenis pengolahan limbah cair		
3	Dapat mengidentifikasi pengolahan limbah cair secara fisika, kimia, dan biologi		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul/pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi yang pada kolom tidak tersebut .





Kegiatan Pembelajaran 4.

Penanganan dan Pengolahan Limbah Padat

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan peserta diklat mampu menerapkan proses pengolahan limbah padat secara mandiri.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Mampu menjelaskan tahapan-tahapan proses pengolahan limbah padat
2. Mampu menerapkan proses pengolahan limbah padat

C. Uraian Materi

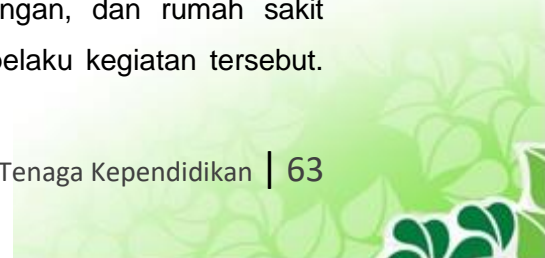
1. Pengolahan Limbah Padat Dalam Bidang Pertanian

Limbah padat lebih dikenal sebagai sampah, yang seringkali tidak dikehendaki kehadirannya karena tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah padat umumnya mengandung unsur bahan pencemar dengan konsentrasi yang bervariasi. Apabila limbah padat di"kembalikan" ke alam dalam jumlah besar atau terakumulasi/menumpuk di jalan, maka akan mengganggu keseimbangan ekosistem alam. Limbah padat yang dihasilkan oleh kegiatan industri rumah tangga di perkotaan dan limbah pertanian saat ini menjadi masalah yang serius dan harus ditangani oleh pemerintah kota maupun oleh masyarakat itu sendiri.

Berdasarkan sumbernya, limbah padat dapat dikelompokkan menjadi Limbah padat domestik dan limbah padat non-domestik (Suryana, 2009).

a. Limbah Padat Domestik

Limbah padat domestik adalah limbah padat yang berasal dari kegiatan rumah tangga/pemukiman, perkantoran, perdagangan, dan rumah sakit yang dihasilkan langsung oleh manusia sebagai pelaku kegiatan tersebut.





Kegiatan Pembelajaran 4

Pada umumnya sampah pemukiman berupa sisa pengolahan makanan, sisa makanan, kertas, kardus, gelas, kain, sampah kebun/halaman dan lain-lain. Sebagian besar sampah pemukiman dapat dimanfaatkan secara langsung oleh pemilik sampah tersebut maupun oleh pihak lain seperti pemulung dan produsen daur ulang.

b. Limbah Padat Non-Domestik

Limbah padat non-domestik adalah limbah padat yang berasal dari kegiatan pertanian, perkebunan, industri konstruksi, dan industri umum. Limbah padat dari pertanian dan perkebunan tergolong bahan organik, seperti jerami dan sejenisnya. Sebagian besar sampah yang dihasilkan selama musim panen dibakar atau dimanfaatkan untuk pupuk. Untuk sampah bahan kimia, seperti bahan pestisida dan pupuk buatan perlu perlakuan khusus agar tidak mencemari lingkungan. Sampah pertanian lainnya adalah lembaran plastik penutup tempat tumbuh-tumbuhan yang berfungsi untuk mengurangi penguapan dan penghambat pertumbuhan gulma, namun plastik ini dapat didaur ulang.

Penimbunan limbah padat mengakibatkan pembusukan yang menimbulkan bau di sekitarnya karena adanya reaksi kimia yang menghasilkan gas tertentu. Dengan tertimbunnya limbah ini dalam jangka waktu lama, permukaan tanah menjadi rusak dan air yang meresap ke dalam tanah terkontaminasi dengan bakteri tertentu yang mengakibatkan turunnya kualitas air tanah pada musim kemarau. Selain itu, timbunan limbah padat tersebut akan mengering dan mengundang bahaya kebakaran.

Klasifikasi limbah padat (sampah) menurut istilah teknis ada enam kelompok, yaitu :

- 1) Sampah organik mudah busuk (*garbage*) , yaitu limbah padat semi basah , berupa bahan-bahan organik yang mudah busuk.
- 2) Sampah anorganik dan organik tak membusuk (*rubbish*) , yaitu limbah padat anorganik atau organik cukup kering yang sulit terurai oleh mikroorganisme, sehingga sulit membusuk, misalnya kertas, plastik, kaca dan logam.





- 3) Sampah abu (*ashes*), yaitu limbah padat yang berupa abu , biasanya hasil pembakaran.
- 4) Sampah bangkai binatang (*dead animal*), yaitu semua limbah yang berupa bangkai binatang.
- 5) Sampah sapuan (*street sweeping*) , yaitu limbah padat hasil sapuan jalanan yang berbagai sampah tersebar di jalanan
- 6) Sampah industri (*industrial waste*) , semua limbah padat buangan industri.

Limbah padat di dalam air dapat bersifat organik, anorganik bahkan radiaktif. Menurut sifatnya, polutan jenis ini dapat berupa bahan yang dihancurkan oleh organisme hidup (*degradable compound*) dan bahan yang tidak dapat dihancurkan (*nondegradable compound*). Bahan-bahan yang tidak dapat dihancurkan oleh organisme ini biasanya mengalami akumulasi dan komponen-komponen lingkungan dan akan menimbulkan gangguan kesehatan.

Limbah padat organik biasanya mengandung berbagai mikroorganisme yang mampu melakukan proses pengomposan. Ketika limbah organik dipaparkan di udara dan kandungan airnya sesuai, maka mikroorganisme mulai bekerja. Selain oksigen dari udara dan air, mikroorganisme memerlukan pasokan makan yang mengandung karbon dan unsur hara seperti nitrogen, fosfor dan kalium untuk pertumbuhan dan reproduksi mereka. Kebutuhan makanan tersebut disediakan oleh limbah organik. Mikroorganisme kemudian melepaskan karbondioksida, air dan energi dan berkembang biak.

Beberapa limbah padat antara lain logam, kaca, plastik, kayu, kertas, kain.

- 1) Kaca
- 2) Plastik
- 3) Kertas
- 4) Kain





Dampak Pencemaran Limbah Padat Terhadap Lingkungan

1) Dampak terhadap lingkungan tanah

Apabila limbah padat di buang ke dalam lingkungan tanah dan memberikan dampak terhadap ekosistem tanah dan kesehatan pada mahluk hidup di dalamnya termasuk manusia, maka dikatakan bahwa limbah padat tersebut mencemari lingkungan tanah.

2) Dampak terhadap estetika lingkungan

Limbah padat yang menumpuk dalam waktu lama dalam jumlah yang cukup besar pada suatu tempat misalnya di lokasi tempat penampungan sementara (TPS) atau limbah padat yang berceceran di sekitar halaman sekolah atau di lingkungan permukiman, akan menimbulkan gangguan terhadap estetika lingkungan.

3) Dampak terhadap air tanah dan air sungai

Limbah padat yang menumpuk dalam waktu lama akan mengalami proses dekomposisi dan hasilnya berupa bau, lindi, gas dan bahan padatan yang stabil (kompos). Lindi berupa cairan yang mengandung unsur pencemar tinggi merembes ke dalam tanah dan dapat mencemari air tanah, atau mengalir ke badan air penerima (apabila dialirkan ke sungai). Badan air penerima akan tercemar dan akibatnya ekosistem perairan terganggu (algae, ikan, tumbuh-tumbuhan air populasinya menjadi tidak seimbang lagi) dan menurunkan kualitas air sehingga tidak dapat digunakan sesuai peruntukannya.

4) Dampak pencemaran limbah padat terhadap kesehatan manusia

dapat ditimbulkan oleh timbunan limbah padat/sampah adalah berkembangbiaknya berbagai vektor penyakit, karena timbunan sampah merupakan media yang baik untuk berkembangnya vektor penyakit tersebut.

Penyakit yang dapat ditimbulkan dari timbunan limbah padat antara lain:





- a) Penyakit cacing tambang, penyakit infeksi, keracunan logam berat, penyakit jamur kulit.
 - b) Penyakit yang dapat menyebar melalui rantai makanan. Salah satu contohnya adalah suatu penyakit yang dijangkitkan oleh cacing pita. Cacing ini masuk ke dalam pencernaan binatang ternak melalui pakannya yang berupa sisa makanan/sampah.
 - c) Gangguan pernafasan sebagai akibat bau yang menyengat.
- 5) Dampak Negatif dari Lokasi Penimbunan Limbah
- Umumnya orang tidak menghendaki lokasi penimbunan limbah dibuat dekat dengan tempat tinggal mereka karena hal ini dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan hidup dan warga setempat. Dampak negatif demikian disebut "dampak pencemaran sekunder" mengingat tujuan utama lokasi penimbunan limbah ialah menghindari pencemaran lingkungan hidup di daerah kota dengan membawa limbah dari daerah kota, dan menampungnya di lokasi penimbunan limbah yang baik.

Adapun dampak pencemaran sekunder yang ditimbulkan dari lokasi penimbunan limbah adalah:

- a) Pencemaran air
Jika tidak diolah, Air Lindi yang ditimbulkan dari lokasi penimbunan limbah, akan, mencemarkan sungai, laut dan air tanah.
- b) Pembentukan gas
Gas utama yang ditimbulkan dari lokasi penimbunan limbah adalah metan, amonium, hidrogen sulfida, dan karbon dioksida.
- c) Bau tak sedap
Ada dua jenis bau tak enak yang ditimbulkan dari lokasi penimbunan limbah. Pertama adalah bau yang ditimbulkan dari limbahnya sendiri, yang lainnya adalah gas yang ditimbulkan melalui dekomposisi limbah.
- d) Hama dan vektor
Limbah dapur cenderung menjadi sarang lalat, dan menarik tikus dan burung gagak.





Kegiatan Pembelajaran 4

- e) Kebisingan dan getaran
Kendaraan angkutan limbah yang masuk dan peralatan penimbunan limbah dapat menjadi sumber kebisingan dan getaran.
- f) Kebakaran
Kebakaran dapat terjadi secara spontan akibat pembentukan gas metan atau pemakaian bahan kimia. Kebakaran juga dapat disebabkan oleh para pemulung atau orang lain.

Ada beberapa faktor-faktor yang perlu diperhatikan sebelum mengolah limbah padat :

- a) Jumlah limbah
Sedikit : mudah ditangani sendiri.
Banyak : membutuhkan penanganan khusus.
- b) Sifat fisik dan kimia limbah
Sifat fisik : mempengaruhi pilihan tempat pembuangan, sarana pengangkutan & pilihan pengolahan.
Sifat kimia : sifat kimia dari limbah padat akan merusak dan mencemari lingkungan dengan cara membentuk senyawa-senyawa baru.
- c) Kemungkinan pencemaran dan kerusakan lingkungan.
Pada proses pengolahan limbah padat, kemungkinan pencemaran dan kerusakan lingkungan harus ditekan dengan memperhatikan:
 - Tempat Pembuangan Akhir (TPA)
 - Unsur yang akan terkena
 - Tingkat pencemaran yang akan timbul
- d) Tujuan akhir dari pengolahan
Tujuan akhir pengolahan terdiri atas dua hal yaitu: bersifat ekonomi dan bersifat non-ekonomis. Tujuan pengelolaan yang bersifat ekonomis adalah: Meningkatkan efisiensi pabrik secara menyeluruh dan mengambil kembali bahan yang masih berguna untuk di daur ulang/dimanfaatkan lain. Tujuan pengelolaan yang bersifat non-ekonomis adalah : Untuk mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan.





Pengelolaan Limbah Padat terdiri dari empat proses, yaitu :

1) Pemisahan

Karena limbah padat terdiri dari : ukuran yang berbeda-beda dan kandungan bahan yang berbeda maka harus dipisahkan dahulu supaya peralatan pengolahan menjadi awet. Pemisahan ada tiga sistem, yaitu:

- a) Sistem Balistik adalah sistem pemisahan untuk mendapatkan keseragaman ukuran/berat/volume.
- b) Sistem Gravitasi adalah sistem pemisahan berdasarkan gaya berat. Misalnya :
 - Barang yang ringan/terapung
 - Barang yang berat/tenggelam
- c) Sistem Magnetis adalah sistem pemisahan berdasarkan sifat magnet, dimana limbah yang bersifat magnet, akan langsung menempel. Misalnya, untuk memisahkan campuran logam dan non logam.

2) Penyusutan Ukuran

Penyusutan ukuran dilakukan untuk memperoleh ukuran yang lebih kecil, supaya pengelolahannya menjadi mudah.

3) Pengomposan

Pengomposan dilakukan terhadap buangan atau limbah yang mudah membusuk, sampah kota, buangan atau kotoran hewan ataupun juga pada lumpur pabrik. Limbah padat harus dipisah dan disamakan ukurannya/volumenya supaya hasil pengomposan baik. Agar mendapatkan kompos yang baik, maka harus melewati prosedur, yaitu:

a) Pemilahan sampah

Sampah harus dipisahkan antara sampah organik (bahan dasar kompos) dan anorganik (plastik, kaca, kaleng). Kualitas kompos yang baik adalah kompos yang tidak tercampur dengan sampah anorganik, karena jika tercampur dengan sampah anorganik hasilnya tidak akan maksimal.

b) Pencacahan bahan organik

Sampah organik dicacah atau dipotong–potong sehingga menjadi bagian–bagian yang lebih kecil, proses ini dilakukan agar sampah dapat dengan mudah dan cepat terurai menjadi kompos.





c) Penyusunan

Penyusunan bahan dasar kompos bisa bervariasi, bahan dasar kompos biasanya disusun dengan komposisi sampah organik sebagai bahan dasar sebanyak 70 – 80 persen, tanah 10 – 15 persen dan bahan tambahan 10 – 15 persen, bahan tambahan ini dapat berupa gabah, dedak, kotoran ternak atau kompos yang sudah jadi sebelumnya.

d) Pencampuran / pengadukan

Proses ini dilakukan setiap satu minggu sekali, dengan cara membalikkan sampah yang ada pada lapisan bawah ke bagian atas kemudian mengaduknya hingga rata. Hal ini berguna untuk membuang panas berlebihan, memasukkan udara segar ke dalam tumpukan, meratakan proses pelapukan, meratakan pemberian air dan membantu menghancurkan bahan organik secara efektif.

e) Penyiraman

Tumpukan kompos harus terjaga dalam kondisi kelembaban yang cukup, maka dari itu dilakukanlah proses penyiraman ketika tumpukan kompos terlalu kering. Cara mengecek kelembaban kompos hanya dengan menggenggamnya, jika ketika diperas tidak mengeluarkan air maka tumpukan bahan kompos tersebut harus disiram air secukupnya. Menyiram menggunakan air cucian beras akan lebih baik karena dapat menambah unsur glukosa dalam kompos.

f) Pematangan

Proses pematangan kompos beragam tergantung bahan dasar organik pembuat kompos, cuaca dan pengolahan yang dilakukan. Proses pematangan berkisar antara 20 – 40 hari dengan menggunakan aktivator, sedangkan sekitar 2 – 6 bulan jika ditimbun secara alami.

Ketika tumpukan bagian atas terlihat mulai lapuk, volume sampah akan menyusut kurang lebih 30 – 40 persen dari volume awal dan kompos berwarna kehitaman, jika ciri-ciri kompos yang baik sudah terlihat maka kompos sudah siap di panen.





- g) Penyaringan
Proses penyaringan dilakukan untuk memisahkan antara bahan jadi dengan bahan yang belum terurai.
- h) Kompos siap digunakan
Kompos yang baik adalah kompos yang terurai dengan sempurna, tidak berbau dan berwarna coklat kehitaman seperti tanah juga berefek baik jika diaplikasikan pada tanaman.

2. Hasil Pengolahan Limbah Padat

Pengolahan limbah padat dalam pertanian dapat menghasilkan beberapa produk baru dengan manfaat dan nilai ekonomi yang meningkat. Contoh hasil pengolahan limbah padat yaitu berupa vermikompos dan biogas. Berikut ini, kita akan bahas mengenai vermikompos dan biogas.

a. Vermikompos

Vermikompos adalah pupuk organik yang diperoleh melalui proses yang melibatkan cacing tanah dalam proses penguraian atau dekomposisi bahan organiknya. Walaupun sebagian besar penguraian dilakukan oleh jasad renik, kehadiran cacing justru membantu memperlancar proses dekomposisi. Karena bahan yang akan diurai jasad renik pengurai, telah diurai lebih dulu oleh cacing. Proses pengomposan dengan melibatkan cacing tanah tersebut dikenal dengan istilah vermikomposting. Sementara hasil akhirnya disebut vermikompos (Agromedia, 2007). Vermikompos adalah hasil dekomposisi lebih lanjut dari pupuk kompos oleh cacing tanah yang mempunyai bentuk dan kandungan hara lebih baik untuk tanaman (Hadiwiyono dan Dewi, 2000). Beberapa keunggulan vermikompos adalah menyediakan hara N, P, K, Ca, Mg dalam jumlah yang seimbang dan tersedia, meningkatkan kandungan bahan organik, meningkatkan kemampuan tanah mengikat lengas, menyediakan hormon pertumbuhan tanaman, menekan resiko akibat infeksi patogen, sinergis dengan organisme lain yang menguntungkan tanaman serta sebagai penyangga pengaruh negatif tanah (Sutanto, 2002). Cacing tanah yang biasa membantu proses pengomposan adalah cacing dari jenis *Lumbricus lumbricoides*.





Hasil vermikompos dengan bantuan cacing cacing tanah *Lumbricus rubellus* menghasilkan vermikompos dengan kandungan C 20,20%. N 1,58%, C/N 13, P 70,30 mg/100g, K 21,80 mg/ 100g, Ca 34,99 mg/100g, Mg 21,43 mg/100g, S 153,70 mg kg⁻¹, Fe 13,50 mg kg⁻¹, Mn 661,50 mg kg⁻¹, Al 5,00 mg kg⁻¹, Na 15,40 mg kg⁻¹, Cu 1,7 mg kg⁻¹, Zn 33,55 mg kg⁻¹, Bo 34,37 mg kg⁻¹, dan pH 6,6-7,5. Sedangkan vermikompos yang dihasilkan dengan menggunakan cacing tanah *E. fetida* mengandung unsur-unsur hara seperti N-total 1,4-2,2%, P 0,6-0,7%, K 1,6-2,1%, C/N rasio 12,5-19,2, Ca 1,3-1,6%, Mg 0,4-0,95, pH 6,5- 6,8.

Vermikompos yang berkualitas baik ditandai dengan warna hitam kecoklatan hingga hitam, tidak berbau, bertekstur remah dan matang (C/N < 20) (Mashur, 2001). Vermikompos mengandung nutrisi yang dibutuhkan tanaman. Penambahan vermikompos pada media tanam akan mempercepat pertumbuhan, meningkatkan tinggi, dan berat tumbuhan. Jumlah optimal vermikompos yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil positif hanya 10-20% dari volume media tanaman (Mashur, 2001). Proses Pembuatan Vermikompos Dalam pembuatan kascing, cacing tanah memegang peranan penting yaitu sebagai dekomposer. Cacing tanah memiliki enzim seperti protease, lipase, amilase, selulose dan kitin yang memberikan perubahan kimia secara cepat terhadap material selulosa dan protein dari sampah organik. Aktivitas cacing tanah menunjukkan peningkatan dekomposisi dan penghancuran sampah secara alami (60% - 80%). Hal ini sangat berpengaruh mempercepat waktu pengomposan hingga beberapa minggu (Sinha dkk., 2002).

b. Biogas

Biogas adalah jenis gas yang dapat terbakar dan digunakan sebagai energi. Biogas adalah gas yang berasal dari makhluk hidup yaitu hewan dan tanaman. Gas ini dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik bahan organik seperti kotoran manusia, kotoran hewan, tumbuhan, limbah domestik, limbah industri yang dapat diuraikan (*biodegradable*) atau limbah organik lainnya yang *biodegradable*.





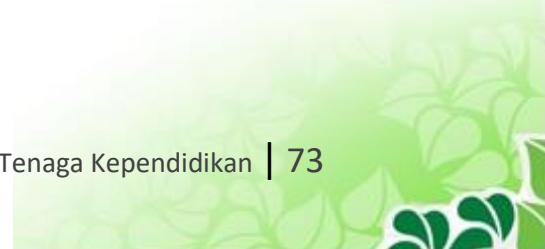
Komposisi dari biogas adalah 50%-70% gas metan (CH_4), 30%-45% gas karbondioksida (CO_2), dan gas-gas lain dalam jumlah kecil seperti gas hidrogen sulfida (H_2S) berkisar 1-3%, gas nitrogen (N_2) sekitar 0,1-0,3% dan sisanya gas hidrogen (H_2). Sumber energi biogas ini sangat cocok digunakan sebagai sumber energi pengganti minyak tanah, LPG, butana, batu bara ataupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil. Prinsip pembuatan biogas ini adalah menciptakan proses fermentasi bahan organik dalam ruang kedap udara yang biasa disebut alat pencernaan atau digester. Dalam ruang kedap udara tersebut terjadi proses interaksi yang kompleks dari sejumlah bakteri yang berbeda-beda diantaranya *Methanobacterium* dan *Methanobacillus*.

Gas yang menyebabkan biogas ini dapat terbakar adalah gas metana (CH_4). Jumlah energi yang ada dalam biogas ini bergantung dari konsentrasi gas metana. Semakin tinggi kandungan gas metana dalam digester maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas. Pemanfaatan biogas dalam kehidupan sehari-hari sebagai sumber energi alternatif dapat memberikan keuntungan sebagai berikut:

- 1) Mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.
- 2) Mengurangi masalah sampah akibat lingkungan.
- 3) Biogas merupakan sumber energi yang biayanya murah dan mudah didapat.
- 4) Sisa proses pembuatan biogas berupa bahan organik yang disebut lumpur pencernaan (*sludge*).
- 5) Biogas merupakan sumber energi ramah lingkungan

Secara umum, instalasi biogas memiliki enam komponen utama penyusun instalasi biogas, yaitu:

- 1) Saluran masuk *slurry* (kotoran segar)
- 2) Saluran keluar residu
- 3) Katup pengaman tekanan (*Control Valve*)
- 4) Sistem pengaduk
- 5) Saluran gas
- 6) Tangki penyimpan gas





D. Aktivitas Pembelajaran

1. Peserta diminta mengamati dan mencari informasi tentang pengelolaan limbah
2. Selanjutnya peserta secara berkelompok mengamati gambar, video, atau secara langsung dilapangan tentang pengelolaan limbah
3. Selanjutnya peserta di minta melakukan praktik dengan LK sebagai berikut :
 - a. Judul : Pembuatan Kompos
 - b. Tujuan : Mengolah limbah organik menjadi kompos
 - c. Alat dan Bahan :

Alat : gembor, cangkul, thermometer

Bahan : sampah hijau (sampah organik), sampah coklat (sampah kotoran hewan), bak atau drum plastic besar, karung goni, tanah.
 - d. Cara Kerja : Tahapan kerja pembuatan kompos :
 - 1) Campurkan satu bagian sampah hijau dengan satu bagian sampah coklat ke dalam bak atau drum plastik besar yang di bawahnya telah ditutupi dengan tanah dan diberi lubang agar kelebihan air dapat merembes ke dalam tanah.
 - 2) Tambahkan satu lapisan tanah pada bagian atas dan biarkan mikroba aktif dalam tanah bekerja mengolah sampah menjadi kompos.
 - 3) Ulangi proses pertama dan kedua untuk lapisan berikutnya hingga sampah dan tanah habis. Lalu tutup drum dengan karung goni. Proses ini dapat dilakukan setiap dua hari sekali.
 - 4) Setelah hari ketujuh, buka dan aduk pupuk kompos tersebut. Lalu tutup kembali dan lakukan proses tersebut setiap tujuh hari sekali.
 - 5) Untuk mempercepat proses pengomposan, anda dapat menambahkan bio-activator berupa larutan effective microorganism (EM) yang dapat dibeli di toko pertanian.
 - 6) Setelah 4-6 minggu, jika campuran pupuk sudah berwarna kehitaman dan tidak berbau sampah lagi, berarti proses pengomposan telah beres.
 - 7) Langkah terakhir adalah ayak dan pisahkan bagian yang kasar, lalu kompos yang kasar dapat dicampurkan ke dalam bak pengomposan sebagai activator.





E. Latihan

1. Sebutkan sumber-sumber penghasil sampah dalam kehidupan sehari-hari!
2. Jelaskan hal-hal apa saja yang harus diperhatikan dalam mengolah limbah padat!
3. Jelaskan tahapan proses pembuatan kompos!
4. Jelaskan tahapan proses pembuatan vermikompos!
5. Pembuatan kompos biasa dan vermikompos sama-sama merupakan teknik pengolahan limbah padat organik yang dapat dikembangkan. keduanya merupakan pupuk alami yang baik bagi tanaman. Setelah diteliti vermikompos ternyata lebih baik dari kompos biasa. Coba jelaskan perbedaan yang mendasar antara kompos biasa dan vermikompos tersebut!
6. Sebutkan komponen utama yang harus diperhatikan dalam penyusunan instalasi biogas!

F. Rangkuman

Limbah padat lebih dikenal sebagai sampah, yang seringkali tidak dikehendaki kehadirannya karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia Senyawa organik dan Senyawa anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah.

Dampak Pencemaran Limbah Padat Terhadap Lingkungan:

1. Dampak terhadap lingkungan tanah
Apabila limbah padat di buang ke dalam lingkungan tanah dan memberikan dampak terhadap ekosistem tanah dan kesehatan pada makhluk hidup di dalamnya termasuk manusia, maka dikatakan bahwa limbah padat tersebut mencemari lingkungan tanah.





Kegiatan Pembelajaran 4

2. Dampak terhadap estetika lingkungan

Limbah padat yang menumpuk dalam waktu lama dalam jumlah yang cukup besar pada suatu tempat misalnya di lokasi tempat penampungan sementara (TPS) atau limbah padat yang berceceran di sekitar halaman sekolah atau di lingkungan permukiman, akan menimbulkan gangguan terhadap estetika lingkungan.

3. Dampak terhadap air tanah dan air sungai

Limbah padat yang menumpuk dalam waktu lama akan mengalami proses dekomposisi dan hasilnya berupa bau, lindi, gas dan bahan padatan yang stabil (kompos).

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini, dan mengerjakan tugas dan latihan, apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1	Dapat menjelaskan pengertian dan dampak dari limbah padat		
2	Dapat menerapkan dan mengolah limbah padat menjadi kompos		
3	Dapat menerapkan dan mengolah limbah padat menjadi vermikompos		
4	Dapat menerapkan dan mengolah limbah padat menjadi biogas		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul/pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi yang pada kolom tidak tersebut.





Kegiatan Pembelajaran 5. Penanganan Limbah Gas

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan peserta diklat mampu mengidentifikasi setiap proses pengolahan limbah gas.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Mampu mengidentifikasi tahapan proses penanganan limbah gas
2. Mampu menganalisis upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk menekan tingkat polusi udara.

C. Uraian Materi

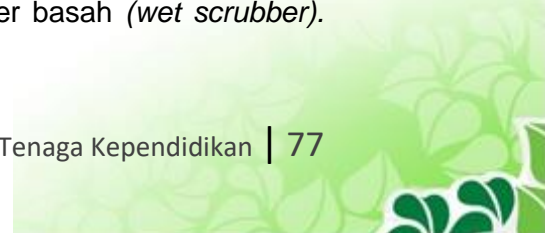
1. Pengolahan Limbah Gas Secara Teknis

Pencemaran udara berasal dari limbah berupa gas atau materi partikulat yang terbawa bersama gas tersebut. Limbah gas biasanya dibuang ke udara. Gas pencemar diudara seperti karbondioksida yang berasal dari aktivitas vulkanik, pembusukan sampah, kebakaran hutan, dan aktivitas manusia. Penambahan gas pencemar ke udara yang berlebihan ini akan menurunkan kualitas udara. Tingkat kualitas udara tergantung pada jenis limbah gas, volume yang terlepas, dan lamanya limbah berada di udara.

Pengolahan limbah gas secara teknis dilakukan dengan menambahkan alat Bantu yang dapat mengurangi pencemaran udara.

a. Mengontrol Emisi Gas Buang

Gas-gas buangan seperti sulfur oksida, nitrogen oksida, karbon monoksida dan hidrokarbon dapat dikontrol pengeluarannya melalui beberapa metode. Gas sulfur oksida dapat dihilangkan dari udara hasil pembakaran bahan bakar dengan cara desulfurisasi menggunakan filter basah (*wet scrubber*).





Gas nitrogen oksida dari hasil pembakaran kendaraan bermotor dapat dikurangi dengan cara menurunkan suhu pembakaran. Produksi gas karbon monoksida dan hidrokarbon dari hasil pembakaran kendaraan bermotor dapat dikurangi dengan cara memasang alat pengubah katalitik (*catalytic converter*) untuk menyempurnakan pembakaran.

b. Menghilangkan Materi Partikulat dari Udara Pembuangan

1) Filter udara

Filter udara adalah alat untuk menghilangkan materi partikulat padat, seperti debu, serbuk sari dan spora dari udara. Alat ini terbuat dari bahan yang dapat menangkap materi partikulat sehingga udara yang melewatinya akan tersaring dan keluar sebagai udara bersih (bebas dari materi partikulat). Filter udara dipasang pada cerobong untuk menyaring kotoran. Filter ini dikontrol secara rutin dan berkala untuk mengganti filter yang sudah penuh dengan debu. Jenis dan bahan yang digunakan pada filter tergantung pada kandungan udara yang akan disaring.

2) Pengendap siklon

Pengendapan siklon atau *Cyclone Separator* adalah alat pengendap materi partikulat yang ikut dalam gas atau udara buangan. Prinsip kerja pengendap siklon adalah pemanfaatan gaya sentrifugal dari udara/gas buangan yang sengaja dihembuskan melalui tepi dinding tabung siklon sehingga partikel yang relative berat akan jatuh ke bawah.

3) Filter basah

Filter basah (*wet scrubber*) membersihkan udara yang kotor dengan cara menyalurkan udara ke dalam filter kemudian menyemprotkan air ke dalamnya. Saat udara kontak dengan air, materi partikulat padat dan senyawa lain yang larut air akan ikut terbawa air turun ke bagian bawah sedangkan udara bersih dikeluarkan dari filter.





4) Pengendap sistem gravitasi

Alat pengendap sistem gravitasi hanya dapat digunakan untuk membersihkan udara yang mengandung materi partikulat dengan ukuran partikel relative besar, yaitu sekitar 50μ atau lebih. Cara kerja ini sangat sederhana sekali, yaitu dengan mengalirkan udara yang kotor ke dalam alat yang dapat memperlambat kecepatan gerak udara.

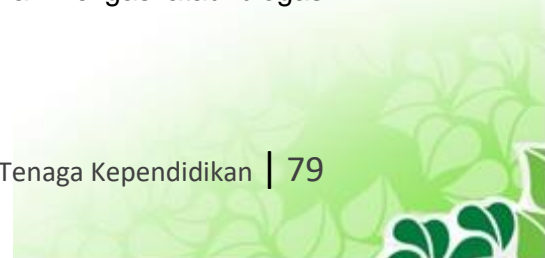
5) Pengendap elektrostatis

Alat pengendap elektrostatis (*Electrostatic precipitator*) digunakan untuk membersihkan udara yang kotor dalam jumlah (volume) yang relative besar dan pengotor udaranya umumnya adalah aerosol atau uap air. Pengendap ini biasanya digunakan pada pabrik yang menggunakan batu bara sebagai sumber energy. Batu bara ini mengandung sulfur oksida yang selanjutnya menghasilkan asap yang tidak baik untuk kesehatan.

2. Upaya-Upaya yang Dilakukan Untuk Menekan Tingkat pencemaran Udara

Berbagai upaya dapat dilakukan untuk menekan tingkat pencemaran udara dengan cara menghasilkan seminimal mungkin gas buang limbah yang berbahaya. Upaya tersebut dapat dilakukan dari hal yang paling sederhana (dari diri sendiri) sampai ke tingkat industri. Contoh perilaku yang dapat mengurangi tingkat pencemaran udara dari tingkat rumah tangga (diri sendiri) sampai industri antara lain :

- a. Tidak merokok diruangan ber AC dan selalu menyalakan AC pada suhu ruang (sekitar $25-27^{\circ}\text{C}$)
- b. Menanam tumbuhan hijau di sekitar rumah dan berpartisipasi dalam penghijauan dan reboisasi
- c. Mencegah terjadinya kebakaran hutan, kerusakan hutan, dan penggundulan hutan.
- d. Mengurangi bahan bakar rumah tangga yang berasal dari fosil dengan bahan bakar yang ramah lingkungan. Sebagai contoh, penggunaan minyak tanah dalam kegiatan rumah tangga sudah dialihkan ke gas atau biogas yang ramah lingkungan





Kegiatan Pembelajaran 5

- e. Tidak menggunakan barang-barang rumah tangga yang mengandung CFC. Kita tahu bahwa CFC dapat menyebabkan penipisan lapisan ozon sehingga meningkatkan resiko efek rumah kaca. Penggunaan alat rumah tangga dengan label “non CFC” dapat membantu untuk mengurangi pencemaran udara.
- f. Pada kegiatan industri sebagian besar masih menggunakan batubara sebagai bahan bakar sehingga masih menghasilkan komponen pencemar udara berupa gas yang berbahaya. Hal ini bisa dikurangi dengan mengganti sumber energy tersebut (batubara) dengan menggunakan bahan bakar LNG (*Liquified Natural Gas*) yang menghasilkan gas buangan lebih bersih.
- g. Memperbarui proses penggunaan teknologi dalam suatu kegiatan industri dengan cara meninggalkan teknologi lama yang tidak ramah lingkungan dengan suatu proses yang menggunakan teknologi terbaru yang lebih ramah lingkungan, efektif, efisien, dan ekonomis.
- h. Dengan membatasi penggunaan jumlah kendaraan bermotor pada suatu ruas jalan yang konsentrasi pencemaran udaranya sudah melewati ambang batas. Kegiatan ini dapat dilakukan dengan mengalihkan kendaraan yang akan melewati ruas jalan tersebut dengan cara peraturan minimal penumpang dalam kendaraan atau dengan memperbaiki sarana transportasi umum sehingga para pemakai kendaraan pribadi lebih memilih menggunakan kendaraan umum karena dianggap lebih efektif dan efisien.

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan 1. Mengidentifikasi Sumber Pencemar Udara pada Lingkungan Sekitar

Tujuan : Dapat mengamati dan mengidentifikasi polusi udara yang terjadi di lingkungan sekitar.

Alat dan bahan :

- 1. Alat tulis
- 2. Lingkungan sekitar (rumah, sekolah atau tempat keramaian)



**Prosedur Kerja :**

1. Amatilah lingkungan yang telah Anda pilih sebagai obyek pengamatan
2. Identifikasi apakah daerah tersebut sudah mulai tercemar udaranya (identifikasi sederhana dengan memperhatikan adakah bau atau asap disekitar lingkungan tersebut)
3. Amati dari mana sumber pencemaran tersebut.
4. Catat dalam tabel dibawah ini

No	Lingkungan Pengamatan	Jenis Polutan	Sumber Polutan

5. Diskusikan hasil pengamatan Anda dengan teman sekelompok
 - a. Apakah pencemaran di tempat yang anda pilih mengganggu aktivitas yang ada didaerah tersebut ?
 - b. Apa saja dampak yang ditimbulkan dari pencemaran yang terjadi
 - c. Bagaimana pendapat kelompok anda mengenai cara menangani pencemaran tsb ?

E. Latihan/Kasus/Tugas

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

1. Jenis limbah yang sangat mudah meluas karena faktor iklim dan cuaca adalah limbah ...
 - a. Cair
 - b. Padat
 - c. Gas
 - d. Organik
 - e. Anorganik





Kegiatan Pembelajaran 5

2. Bahan padatan yang berukuran kecil yang biasanya terkandung dalam limbah gas disebut ...
 - a. Partikel
 - b. Polutan
 - c. Partikulat
 - d. Debu
 - e. Abu

3. Tidak semua bahan pencemar adalah zat asing, tetapi ada pula zat yang secara alami ada di lingkungan. Contoh zat pencemar udara yang secara alami sebenarnya terdapat di udara adalah...
 - a. O_2
 - b. CO_2
 - c. CO
 - d. SO_2
 - e. NO_2

4. Untuk mengontrol emisi gas buang pada kendaraan, maka dipasang
 - a. *Converter catalytic* pada knalpot
 - b. Knalpot
 - c. Pengendap siklon pada knalpot
 - d. Filter udara pada knalpot
 - e. Filter basah pada knalpot

5. Contoh senyawa atau materi partikulat yang dapat dibersihkan dari udara dengan menggunakan filter basah adalah
 - a. Debu, spora, dan oksigen
 - b. Ozon, oksigen, dan karbondioksida
 - c. Amonia, hydrogen, dan karbondioksida
 - d. Debu, ammonia, dan sulfur oksida
 - e. Oksigen, karbondioksida, dan karbon monoksida





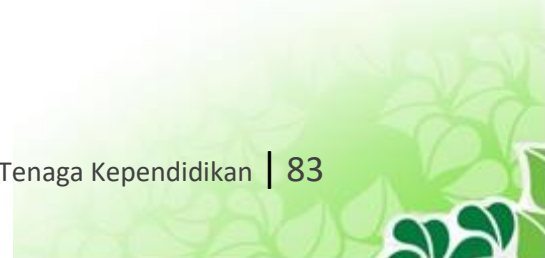
Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

1. Lihatlah di sekitar rumah anda seperti dapur, kamar mandi, kamar tidur, garasi dll. Berapa banyak produk aerosol yang ada? Sebutkan. Apa bahayanya menggunakan produk ini?
2. Untuk menekan tingkat pencemaran udara dilakukan dengan cara meminimalisir jumlah gas buang limbah yang berbahaya. Berbagai upaya dilakukan dari hal yang paling sederhana sampai tingkat industri. Beri 3 upaya yang dapat dilakukan menurut anda!
3. Mengapa kadar CO yang lebih tinggi dibandingkan O₂ di udara berbahaya bagi manusia?

F. Rangkuman

Pencemaran udara sebenarnya dapat berasal dari limbah berupa gas atau materi partikulat yang terbawa bersama gas tersebut. Pengolahan limbah gas dapat dilakukan dengan berbagai cara berikut ini:

1. Mengontrol Emisi Gas Buang
Gas-gas buangan seperti sulfur oksida, nitrogen oksida, karbon monoksida dan hidrokarbon dapat dikontrol pengeluarannya melalui beberapa metode.
2. Menghilangkan Materi Partikulat dari Saluran Udara Pembuangan
 - a. Filter udara
Filter udara adalah alat untuk menghilangkan materi partikulat padat, seperti debu, serbuk sari dan spora dari udara.
 - b. Pengendap siklon
Prinsip kerja pengendap siklon adalah pemanfaatan gaya sentrifugal dari udara/gas buangan yang sengaja dihembuskan melalui tepi dinding tabung siklon sehingga partikel yang relative berat akan jatuh ke bawah.
 - c. Filter basah
Filter basah (*wet scrubber*) membersihkan udara yang kotor dengan cara menyalurkan udara ke dalam filter kemudian menyemprotkan air ke dalamnya.





Kegiatan Pembelajaran 5

d. Pengendap sistem gravitasi

Alat pengendap sistem gravitasi hanya dapat digunakan untuk membersihkan udara yang mengandung materi partikulat dengan ukuran partikel relative besar, yaitu sekitar 50 μ atau lebih.

e. Pengendap elektrostatis

Alat pengendap elektrostatis (*Electrostatic precipitator*) digunakan untuk membersihkan udara yang kotor dalam jumlah (volume) yang relative besar dan pengotor udaranya umumnya adalah aerosol atau uap air

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini , dan mengerjakan tugas dan latihan , apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1	Dapat menjelaskan pengertian limbah gas		
2	Dapat mengidentifikasi proses penanganan limbah gas		
3	Dapat menganalisis upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk menekan tingkat polusi udara		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul / pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi yang tidak tersebut .





Kegiatan Pembelajaran 6.

Penanganan Limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3)

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan peserta diklat mampu memahami proses pengolahan limbah B3 (Bahan Berbahaya Beracun).

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

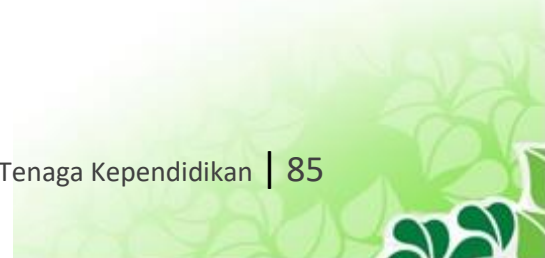
1. Mampu mengidentifikasi tahapan proses penanganan limbah B3
2. Mampu menganalisis upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk menekan tingkat polusi B3 (Bahan Berbahaya Beracun).

C. Uraian Materi

1. Limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3)

Definisi limbah B3 berdasarkan BAPEDAL (1995) ialah setiap bahan sisa (limbah) suatu kegiatan proses produksi yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) karena sifat (*toxicity, flammability, reactivity, dan corrosivity*) serta konsentrasi atau jumlahnya yang baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak, mencemarkan lingkungan, atau membahayakan kesehatan manusia.

Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) tidak dapat begitu saja ditimbun, dibakar atau dibuang ke lingkungan, karena mengandung bahan yang dapat membahayakan manusia dan makhluk hidup lain.





Kegiatan Pembelajaran 6

Sumber limbah B3 dibedakan berdasarkan:

a. Limbah B3 dari Industri

Dalam proses produksi industri menggunakan berbagai macam senyawa kimia yang bersifat berbahaya dan beracun.

Bahan berbahaya dan beracun ini dalam siklus pengadaan sampai dengan penimbunannya yaitu dihasilkan, dikemas, digudang, diangkut, diproses dan diolah serta ditimbun membawa risiko terpapar ke lingkungan sehingga menimbulkan pencemaran serta mengganggu kesehatan manusia.

b. Limbah B3 dari Rumah Tangga

Limbah B3 dari kegiatan rumah tangga antara lain berupa:

- 1) Limbah dari dapur: pembersih lantai, kompos gas, pembersih kaca, plastik, racun tikus, bubuk pembersih, pembuka sumbat saluran air kotor.
- 2) Limbah dari tempat cuci: pemutih, deterjen, pembersih lantai, bahan pencelup, semir sepatu, pembersih karpet, pembuka sumbat, saluran air kotor.
- 3) Limbah dari kamar mandi: aerosol, desinfektan, pembuka sumbat, saluran air kotor, pembersih lantai dan kaca, hair spray, pewarna rambut, pembersih toilet, kamper, medicated shampoo.
- 4) Limbah dari kamar tidur: kamper, pembersih karpet, pembersih mebel, pembersih lantai, pembersih kaca, semir sepatu, obat anti nyamuk, baterai, pembersih lantai, aerosol, cat kuku dan pembersih.
- 5) Limbah dari garasi dan gudang: oli, aki mobil, minyak rem, car wax, pembersih karburator, cat dan thinner, lem, pembunuh tikus, genteng asbes.
- 6) Dari ruang tamu: pengharum ruangan, pembersih karpet, pembersih mebel, pembersih kaca.
- 7) Limbah kegiatan pertamanan: pupuk, insektisida.
- 8) Limbah dari ruang makan: obat kadaluarsa.



**c. Limbah B3 dari Rumah Sakit (RS)**

Limbah B3 rumah sakit merupakan limbah campuran yang heterogen, di mana limbah jenis ini berpotensi menimbulkan infeksi. Limbah B3 RS dapat dikategorikan sebagai berikut:

- 1) Limbah patologis terdiri dari jaringan-jaringan, organ, bagian tubuh, plasenta, bangkai binatang, darah dan cairan tubuh.
- 2) Limbah radioaktif yaitu bahan-bahan yang dapat berwujud padat, cair atau gas yang terkontaminasi dengan radionuklida dan dihasilkan dari analisis in-vivo terhadap organ tubuh dalam pencarian lokasi tumor.
- 3) Limbah kimiawi yaitu bahan-bahan yang dapat berupa padat, cair atau gas yang dihasilkan akibat kegiatan yang ada di RS tersebut, misalnya pekerjaan diagnostik, pembersihan atau pemeliharaan atau prosedur desinfeksi.
- 4) Limbah yang berpotensi menularkan penyakit (*infectious*) yaitu limbah yang mengandung mikroorganisme patogen yang jika bersentuhan dengan manusia akan menimbulkan penyakit.
- 5) Benda-benda tajam yang biasa digunakan dalam kegiatan RS yaitu benda-benda yang mungkin terkontaminasi oleh darah, cairan tubuh, bahan mikrobiologi atau bahan sitotoksik, seperti jarum suntik, gunting, pisau, dan lain-lain.
- 6) Limbah farmasi yaitu produk-produk farmasi, obat-obatan dan bahan kimiawi yang dikembalikan dari ruangan pasien isolasi, atau telah tertumpah, kadaluwarsa, atau telah terkontaminasi.
- 7) Limbah sitotoksik yaitu bahan yang terkontaminasi atau mungkin terkontaminasi dengan obat sitotoksik selama peracikan, pengangkutan atau tindakan terapi sitotoksik.
- 8) Kontainer di bawah tekanan yaitu tabung yang mengandung gas dan aerosol yang dapat meledak jika diinsinerasi atau bila mengalami kerusakan karena kecelakaan (tertusuk, dan sebagainya)





d. Limbah B3 dari Industri

Dalam proses produksi industri menggunakan berbagai macam senyawa kimia yang bersifat berbahaya dan beracun. Bahan berbahaya dan beracun ini dalam siklus pengadaan sampai dengan penimbunannya yaitu dihasilkan, dikemas, digudang, diangkut, diproses dan diolah serta ditimbun membawa risiko terpapar ke lingkungan sehingga menimbulkan pencemaran serta mengganggu kesehatan manusia. Peristiwa ini sudah sering kita dengar misalnya kasus lepasnya gas beracun di Bhopal dan di Indonesia yang sering terjadi adalah di industri pupuk yaitu lepasnya amonia ke lingkungan.

2. Penanganan Limbah Bahan Berbahaya beracun (B3)

Menurut PP 18/1999 Juncto PP 85/1999 menyebutkan bahwa pengertian pengelolaan limbah B3 adalah rangkaian kegiatan yang mencakup reduksi, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan limbah, dan penimbunan limbah B3. Sementara tujuan dari pengelolaan tersebut adalah untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran dan kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah B3 serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang sudah tercemar sehingga sesuai fungsinya kembali.

Penanganan limbah bahan berbahaya dan beracun dapat dilakukan secara kimia, fisika, dan biologik. Limbah berbahaya biasanya dikategorikan atas bahan-bahan radioaktif, bahan-bahan kimia, limbah biologi yang berasal dari rumah sakit dan tempat-tempat penelitian, limbah yang mudah terbakar, serta bahan-bahan peledak. Proses pengolahan limbah B3 dapat dilakukan secara kimia, fisik atau biologi. Proses pengolahan limbah B3 secara kimia atau fisik yang umum dilakukan adalah:

a. Stabilisasi/solidifikasi.

Stabilisasi/solidifikasi adalah proses pengubahan bentuk fisik atau sifat kimia dengan menambahkan bahan pengikat atau senyawa pereaksi tertentu untuk memperkecil/membatasi kelarutan, pergerakan atau penyebaran daya racun limbah sebelum dibuang.



**b. Metode insinerasi (pembakaran)**

Metode ini dapat diterapkan untuk memperkecil volume limbah B3. Namun saat melakukan pembakaran perlu dilakukan pengontrolan ketat agar gas beracun hasil pembakaran tidak mencemari udara. Proses pengolahan limbah B3 secara biologi yang telah cukup berkembang saat ini dikenal dengan istilah bioremediasi dan fitoremediasi. Bioremediasi adalah penggunaan bakteri dan mikroorganisme lain untuk mendegradasi/mengurai limbah B3, sedangkan fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menabsorpsi dan mengakumulasi bahan-bahan beracun dari tanah.

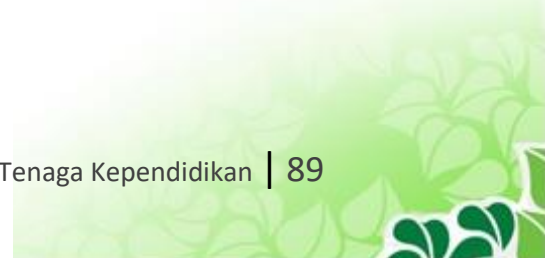
Kedua proses ini sangat bermanfaat dalam mengatasi pencemaran oleh limbah B3 dan biaya yang diperlukan lebih murah dibandingkan metode kimia atau fisik. Namun proses ini juga masih memiliki kelemahan. Proses bioremediasi dan fitoremediasi merupakan proses alami sehingga membutuhkan waktu yang relative lama untuk membersihkan limbah B3, terutama dalam skala besar. Selain itu karena menggunakan makhluk hidup, proses ini dikhawatirkan dapat membawa senyawa-senyawa beracun ke dalam rantai makanan di ekosistem.

Sebagian dari limbah B3 yang telah diolah atau tidak dapat diolah dengan teknologi yang tersedia harus berakhir pada pembuangan (*disposal*). Tempat pembuangan akhir yang banyak digunakan untuk limbah B3 ialah *landfill* (lahan urug) dan *disposal well* (*sumur pembuangan*). Di Indonesia, peraturan secara rinci mengenai pembangunan lahan urug telah diatur oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) melalui Kep-04/BAPEDAL/09/1995.

a. Landfill (lahan urug)

Landfill untuk penimbunan limbah B3 diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu:

- 1) *Secured landfill double liner*,
- 2) *Secured landfill single liner*, dan
- 3) *Landfill clay liner* dan masing-masing memiliki ketentuan khusus sesuai dengan limbah B3 yang ditimbun.





Kegiatan Pembelajaran 6

Dimulai dari bawah, bagian dasar *secured landfill* terdiri atas tanah setempat, lapisan dasar, sistem deteksi kebocoran, lapisan tanah penghalang, sistem pengumpulan dan pemindahan lindi (*leachate*), dan lapisan pelindung. Untuk kasus tertentu, di atas dan/atau di bawah sistem pengumpulan dan pemindahan lindi harus dilapisi geomembran. Sedangkan bagian penutup terdiri dari tanah penutup, tanah tudung penghalang, tudung geomembran, pelapis tudung drainase, dan pelapis tanah untuk tumbuhan dan vegetasi penutup. *Secured landfill* harus dilapisi sistem pemantauan kualitas air tanah dan air pemukiman di sekitar lokasi agar mengetahui apakah *secured landfill* bocor atau tidak. Selain itu, lokasi *secured landfill* tidak boleh dimanfaatkan agar tidak beresiko bagi manusia dan habitat di sekitarnya.

b. *Deep Injection Well*

Pembuangan limbah B3 melalui metode ini masih mejadi kontroversi dan masih diperlukan pengkajian yang komprehensif terhadap efek yang mungkin ditimbulkan. Data menunjukkan bahwa pembuatan sumur injeksi di Amerika Serikat paling banyak dilakukan pada tahun 1965-1974 dan hampir tidak ada sumur baru yang dibangun setelah tahun 1980.

Sumur injeksi atau sumur dalam (*deep well injection*) digunakan di Amerika Serikat sebagai salah satu tempat pembuangan limbah B3 cair (*liquid hazardous wastes*). Pembuangan limbah ke sumur dalam merupakan suatu usaha membuang limbah B3 ke dalam formasi geologi yang berada jauh di bawah permukaan bumi yang memiliki kemampuan mengikat limbah, sama halnya formasi tersebut memiliki kemampuan menyimpan cadangan minyak dan gas bumi. Hal yang penting untuk diperhatikan dalam pemilihan tempat ialah strktur dan kestabilan geologi serta hidrogeologi wilayah setempat.

Limbah B3 diinjeksikan kedalam suatu formasi berpori yang berada jauh di bawah lapisan yang mengandung air tanah. Di antara lapisan tersebut harus terdapat lapisan *impermeable* seperti *shale* atau tanah liat yang cukup tebal sehingga cairan limbah tidak dapat bermigrasi. Kedalaman sumur ini sekitar 0,5 hingga 2 mil dari permukaan tanah.





Tidak semua jenis limbah B3 dapat dibuang dalam sumur injeksi karena beberapa jenis limbah dapat mengakibatkan gangguan dan kerusakan pada sumur dan formasi penerima limbah. Hal tersebut dapat dihindari dengan tidak memasukkan limbah yang dapat mengalami presipitasi, memiliki partikel padatan, dapat membentuk emulsi, bersifat asam kuat atau basa kuat, bersifat aktif secara kimia, dan memiliki densitas dan viskositas yang lebih rendah daripada cairan alami dalam formasi geologi.

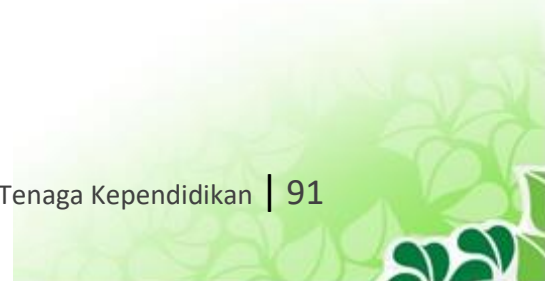
Hingga saat ini di Indonesia belum ada ketentuan mengenai pembuangan limbah B3 ke sumur dalam (*deep injection well*). Ketentuan yang ada mengenai hal ini ditetapkan oleh Amerika Serikat dan dalam ketentuan itu disebutkan bahwa:

- 1) Dalam kurun waktu 10.000 tahun, limbah B3 tidak boleh bermigrasi secara vertikal keluar dari zona injeksi atau secara lateral ke titik temu dengan sumber air tanah.
- 2) Sebelum limbah yang diinjeksikan bermigrasi dalam arah seperti disebutkan di atas, limbah telah mengalami perubahan hingga tidak lagi bersifat berbahaya dan beracun.

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan 1. Teknologi Penanganan Limbah B3

1. Amatilah lingkungan laboratorium di sekolah atau kantor anda.
2. Bagaimana proses penanganan limbah B3 di sekolah anda.
3. Bandingkan cara penanganan limbah B3 di lab dengan literature apakah sudah sesuai standar yang telah dibakukan?





E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Limbah yang termasuk limbah B3 adalah limbah yang memenuhi salah satu atau lebih karakteristik sebagai berikut :
 - a. mudah mengeluarkan bau busuk, mudah terurai dan beracun
 - b. Beracun; Menyebabkan infeksi; Bersifat korosif
 - c. Menyebabkan infeksi, mengeluarkan gas CO₂, dan CH₄
 - d. semuanya benar
2. Pada metode pembuangan *secure landfill*, limbah B3 ditempatkan ke dalam wadah berupa ...
 - a. Kolam beton
 - b. Sumur batako
 - c. Tong atau drum
 - d. Pipa beton
 - e. Alat sentrifugasi
3. Proses pengubahan fisik atau sifat kimia limbah B3 dengan menambahkan bahan pengikat atau senyawa pereaksi disebut ...
 - a. Solidifikasi
 - b. Bioremediasi
 - c. Transformasi
 - d. Insinerasi
 - e. Injeksi
4. Berikut ini yang merupakan kelemahan proses pengolahan limbah B3 secara bioremediasi atau fitoremediasi adalah ...
 - a. Biaya yang dibutuhkan sangat mahal
 - b. Membutuhkan alat-alat canggih
 - c. Memerlukan waktu yang relatif lama
 - d. Sulit menemukan mikroorganisme yang sesuai
 - e. Menghasilkan cairan yang berbau busuk





F. Rangkuman

Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) tidak dapat begitu saja ditimbun, dibakar atau dibuang ke lingkungan, karena mengandung bahan yang dapat membahayakan manusia dan makhluk hidup lain.

1. Limbah B3 dari Industri
2. Limbah B3 dari Rumah Tangga
3. Limbah B3 dari Rumah Sakit
4. Limbah B3 dari Industri
5. Limbah B3 dari Rumah Tangga
6. Limbah B3 dari Rumah Sakit

Proses pengolahan limbah B3 dapat dilakukan secara kimia, fisik atau biologi. Proses pengolahan limbah B3 secara kimia atau fisik yang umum dilakukan adalah stabilisasi/solidifikasi.

Metode insinerasi (pembakaran) dapat diterapkan untuk memperkecil volume limbah B3.

Bioremediasi adalah penggunaan bakteri dan mikroorganisme lain untuk mendegradasi/mengurai limbah B3, sedangkan fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk mengabsorpsi dan meng-akumulasi bahan-bahan beracun dari tanah.

Kedua proses ini sangat bermanfaat dalam mengatasi pencemaran oleh limbah B3 dan biaya yang diperlukan lebih murah dibandingkan metode kimia atau fisik.





G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini , dan mengerjakan tugas dan latihan , apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1.	Dapat menjelaskan konsep limbah B3		
2.	Dapat mengidentifikasi jenis-jenis pengolahan limbah B3		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul / pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi pada kolom tidak tersebut .





Kegiatan Pembelajaran 7.

Aplikasi Pengelolaan Limbah Ramah Lingkungan

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan peserta diklat mampu mengaplikasikan cara penanganan dan pengelolaan limbah ramah lingkungan melalui program *reduce, reuse, dan recycle* (3R).

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Mampu menjelaskan prinsip *reduce, reuse, recycle*
2. Mampu mengaplikasikan prinsip *reduce, reuse, recycle*

C. Uraian Materi

1. Konsep Minimalisasi Limbah

Pengolahan limbah pada dasarnya merupakan upaya mengurangi volume, konsentrasi atau bahaya limbah, setelah proses produksi atau kegiatan, melalui proses fisika, kimia atau biologi. Upaya pertama yang harus dilakukan adalah upaya preventif yaitu mengurangi volume bahaya limbah yang dikeluarkan ke lingkungan yang meliputi upaya mengurangi limbah pada sumbernya, serta upaya pemanfaatan limbah.

Reuse, Reduce, dan Recycle (3R) masih merupakan cara terbaik dalam mengelola dan menangani sampah dengan berbagai permasalahannya. Penerapan sistem 3R menjadi salah satu solusi pengelolaan sampah di samping mengolah sampah menjadi kompos.

Pendekatan 3R merupakan dasar utama dalam pengelolaan sampah yang mempunyai sasaran utama minimisasi limbah yang harus dikelola sebelum dilepas ke lingkungan.





a. *Recycle* (Pendaaurulangan)

Recycle berarti mengolah kembali (daur ulang) sampah menjadi barang atau produk baru yang bermanfaat. Daur ulang merupakan salah satu cara untuk mengolah sampah organik maupun anorganik menjadi benda-benda yang bermanfaat. Manfaat dari daur ulang sampah antara lain:

- 1) Menghindari pencemaran atau kerusakan lingkungan
- 2) Melestarikan kehidupan makhluk hidup di suatu lingkungan
- 3) Menjaga keseimbangan ekosistem
- 4) Mengolah sampah organik menjadi anorganik
- 5) Mendapatkan produk hasil yang berguna
- 6) Memperoleh tambahan penghasilan

Proses daur ulang diperoleh setelah melalui tiga tahapan berikut ini:

- 1) Pemisahan bahan-bahan organik (sampah tumbuh-tumbuhan dan hewan) dan anorganik (seperti kaleng, tembaga, botol, dan plastik).
- 2) Penyimpanan bahan-bahan dari sampah tumbuhan dan hewan yang dapat dijadikan kompos dan pengolahan kaleng, plastik, dan botol bekas.
- 3) Pengiriman/penjualan kepada pemulung atau pun pabrik.

Contohnya pengolahan sampah organik yang dijadikan kompos adalah pengolahan sampah kertas menjadi kertas daur ulang. Sampah kertas dapat dimanfaatkan menjadi tempat surat, keranjang sampah, tas, tempat buku, rak kecil, dan lainnya yang memiliki nilai jual tinggi bila mendapat sentuhan teknologi dan seni.

Selain itu, bahan gelas yang pecah dapat di daur ulang menjadi botol kecap, botol sirup, piring dan gelas yang baru. Aluminium dapat didaur ulang menjadi kaleng pengemas, sementara baja dijadikan bahan baku pembuatan baja baru, dan plastik dimanfaatkan menjadi aneka produk seperti tas, botol minuman, wadah minyak pelumas, botol minuman, dan botol shampo.



**b. Reuse (Penggunaan Ulang)**

Proses reuse dilakukan untuk sampah yang tidak dapat terurai dan dapat dimanfaatkan ulang, misalnya botol bekas sirup yang digunakan untuk menyimpan air minum. Konsep *reuse* bukan hanya mengandung pengertian mengupayakan penggunaan residu atau sampah terbentuk secara langsung, tetapi juga upaya yang sebetulnya biasa diterapkan sehari-hari, seperti memperbaiki barang yang rusak sehingga dapat dimanfaatkan kembali.

Contoh kegiatan *reuse* :

- 1) Memilih wadah, kantong, atau benda yang dapat digunakan beberapa kali atau berulang-ulang.
- 2) Menggunakan kembali wadah atau kemasan yang telah kosong untuk fungsi yang sama atau dengan fungsi lainnya. Misalnya botol bekas minuman digunakan kembali menjadi wadah minyak goreng.
- 3) Menggunakan alat-alat penyimpan elektronik yang dapat dihapus dan digunakan kembali
- 4) Menggunakan sisi kertas yang masih kosong untuk menulis/ngeprint
- 5) Menggunakan email (surat elektronik) untuk berkirim surat
- 6) Menjual atau memberikan sampah yang terpilah kepada pihak yang memerlukan

c. Reduce

Reduce berarti mengurangi sumber limbah dan mencegah timbulnya limbah dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam. *Reduce* merupakan tindakan penghematan barang artinya mengurangi penggunaan barang.

Contoh-contoh kegiatan *reduce* adalah:

- 1) Menggunakan kendaraan yang ramah lingkungan
- 2) Mengurangi pemakaian kendaraan bermotor
- 3) Memilih produk dengan kemasan yang dapat didaur ulang.
- 4) Menghindari memakai dan membeli produk yang menghasilkan sampah dalam jumlah besar.
- 5) Menggunakan produk yang diisi ulang (*refill*), misalnya alat tulis yang bisa diisi ulang atau air minum isi ulang





Kegiatan Pembelajaran 7

- 6) Membiasakan diri untuk membawa kantong atau tempat belanjaan dari rumah jika berbelanja ke pasar atau mall.
- 7) Plastik berbayar di mall/swalayan
- 8) Memaksimumkan penggunaan alat-alat penyimpan elektronik yang dapat dihapus atau ditulis kembali dan mengurangi penggunaan bahan sekali pakai.
- 9) Menggunakan kedua sisi kertas untuk penulisan dan fotokopi.
- 10) Menghindari membeli dan memakai barang-barang yang kurang perlu
- 11) Menghindari penggunaan detergen secara berlebihan karena kegiatan tersebut menghasilkan bahan pencemar berupa detergen yang mengalir ke selokan dan akhirnya mencemari sungai.
- 12) Menghindari pemakaian pupuk dan insektisida yang berlebihan karena sisa pupuk yang tidak diserap oleh tanaman terbawa air hujan masuk ke dalam sungai atau danau. Akibatnya terjadi pencemaran sungai dalam bentuk eutrofikasi.

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan Pembelajaran 1. Kegiatan Minimalisasi Limbah

1. Secara berkelompok, amati di lingkungan rumah atau sekolah Anda, adakah limbah yang bisa didaur ulang?
2. Akan dijadikan apa barang bekas yang bisa didaur ulang tersebut?
3. Bagaimana prosedur kerjanya
4. Apa kelebihan dari barang yang telah didaur ulang tersebut?
5. Apakah bisa diterapkan dalam kehidupan sehari-hari?
6. Jelaskan dan presentasikan hasil diskusi kelompok Saudara didepan kelas

Kegiatan Pembelajaran 2. Program 3R oleh Pemerintah

1. Secara berkelompok, diskusikan mengenai berbagai kegiatan yang mendukung konsep minimalisasi limbah (3R)
2. Apakah kegiatan tersebut sudah masuk kedalam program pemerintah?
3. Sejauh mana keberhasilan program atau kegiatan tersebut!
4. Apa saja yang menjadi kendala dalam pelaksanaan kegiatan tersebut
5. Jelaskan dan presentasikan hasil diskusi kelompok Saudara didepan kelas





E. Latihan/Kasus/Tugas:

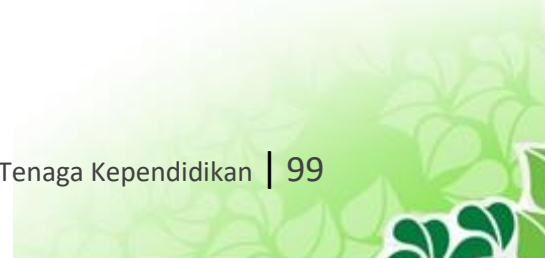
Penugasan :

Sikap peduli terhadap lingkungan harus dimulai dari diri sendiri, sekolah sebagai wadah untuk melatih pembiasaan sangatlah tepat. Setiap warga sekolah baik guru/karyawan ataupun siswa diwajibkan untuk membawa minum dengan wadah isi ulang dari rumah setiap harinya. Dari kegiatan ini ;

1. Manfaat apa yang dapat anda peroleh ?
2. Apa hubungannya kegiatan tsb dengan system pengelolaan sampah ?
3. Kesimpulan apa yang dapat anda katakan ?

Pilih satu jawaban yang paling benar !

1. Proses flotasi merupakan rangkaian proses pengolahan limbah secara
 - a. Biologi
 - b. Fisika
 - c. Kimia
 - d. Alami
 - e. Buatan
2. Pengolahan kembali sisa kertas menjadi kertas koran termasuk pengolahan limbah pada tahap
 - a. reduce
 - b. reuse
 - c. recycle
 - d. recovery
 - e. respiration
3. Pengolahan limbah tumbuhan dapat diubah menjadi bentuk lain yang lebih bermanfaat dari pada hanya dibuang begitu saja. Contoh olahan limbah tumbuhan adalah
 - a. pupuk urea
 - b. pupuk kompos
 - c. pupuk kandang
 - d. bahan pembuat kertas
 - e. bahan pembuat kertas





Kegiatan Pembelajaran 7

4. Reduce merupakan salah satu tindakan penghematan barang /mengurangi penggunaan barang sehingga dapat mengurangi sumber limbah. Kegiatan reduce diantaranya adalah ...
 - a. Pembuatan biosolar dari buah jarak
 - b. Pemurnian minyak jelantah dengan buah mengkudu
 - c. Membuat biogas dari kotoran hewan
 - d. Membawa tas belanja/ plastik berbayar
 - e. Botol aqua dijadikan pot bunga
5. Pemurnian limbah beracun menjadi limbah yang aman bagi lingkungan, termasuk pengolahan limbah pada tahap
 - a. Reduce
 - b. Reuse
 - c. Recycle
 - d. Recovery
 - e. Treatment

F. Rangkuman

Pendekatan 3R merupakan dasar utama dalam pengelolaan sampah yang mempunyai sasaran utama minimisasi limbah yang harus dikelola sebelum dilepas ke lingkungan.

1. *Recycle* (Pendaaurulangan)

Recycle berarti mengolah kembali (daur ulang) sampah menjadi barang atau produk baru yang bermanfaat. Daur ulang merupakan salah satu cara untuk mengolah sampah organik maupun anorganik menjadi benda-benda yang bermanfaat. Daur ulang memiliki potensi yang besar untuk mengurangi timbunan, biaya pengolahan, dan tempat pembuangan akhir sampah.

Proses daur ulang diperoleh setelah melalui tiga tahapan berikut ini:

- a. Pemisahan bahan-bahan organik (sampah tumbuh-tumbuhan dan hewan) dan anorganik (seperti kaleng, tembaga, botol, dan plastik).





- b. Penyimpanan bahan-bahan dari sampah tumbuhan dan hewan yang dapat dijadikan kompos dan pengolahan kaleng, plastik, dan botol bekas.
- c. Pengiriman/penjualan kepada pemulung atau pun pabrik.

2. *Reuse* (Penggunaan Ulang)

Proses reuse dilakukan untuk sampah yang tidak dapat terurai dan dapat dimanfaatkan ulang, misalnya botol bekas sirup yang digunakan untuk menyimpan air minum.

3. *Reduce*

Reduce berarti mengurangi sumber limbah dan mencegah timbulnya limbah dengan mengefisiensikan penggunaan sumber daya alam. *Reduce* merupakan tindakan penghematan barang artinya mengurangi penggunaan barang.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini, dan mengerjakan tugas dan latihan, apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1	Mampu menjelaskan prinsip <i>reduce, reuse, recycle</i>		
2	Mampu mengaplikasikan prinsip <i>reduce, reuse, recycle</i>		
3	Mampu menjelaskan proses pengolahan limbah cair secara bertahap		
4	Mampu menganalisis tiap proses pengolahan limbah		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul / pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi pada kolom yang tidak tersebut .





Kunci Jawaban

Kegiatan Pembelajaran 1

1. Penipisan lapisan ozon menyebabkan sebagian besar radiasi sinar UV terpancar ke permukaan bumi. Sinar UV memiliki dampak yang buruk terhadap makhluk hidup, diantaranya menyebabkan berbagai gangguan kesehatan.
2. Sebagai individu harus
 - a. Membiasakan diri untuk membuang sampah pada tempatnya
 - b. Membiasakan diri untuk memilah sampah organik dan sampah anorganik
 - c. Mengurangi pemakaian kendaraan bermotor
 - d. Gemar berkebun di lingkungan sekitar (dengan banyak tumbuhan lingkungan menjadi segar dan menekan pencemaran)
3. Hujan asam diartikan sebagai hujan dengan pH dibawah 6. polutan yang menyebabkan hujan asam adalah nitrogen oksida dan sulfur dioksida. Zat-zat ini di atmosfer akan bereaksi dengan uap air untuk membentuk asam sulfat, asam nitrat dan asam nitrit yang mudah larut sehingga jatuh bersama air hujan.
4. Pemanasan global adalah Meningkatnya suhu rata-rata bumi. Pemanasan global terjadi akibat efek rumah kaca yang ditimbulkan oleh gas-gas rumah kaca. Gas-gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global meliputi berbagai polutan udara, seperti karbon dioksida (CO_2), metan (CH_4), nitrat oksida (N_2O), hidrofluorokarbon (HFC) dan klorofluorokarbon (CFC).

Terjadinya peningkatan suhu bumi akan mengakibatkan mencairnya es di kutub dan meningkatkan suhu air laut. Dampak lebih jauh dari pemanasan global di antaranya sebagai berikut:

 - a. Menambah volume air laut sehingga permukaan air akan naik
 - b. Menimbulkan banjir di daerah pantai
 - c. Dapat menenggelamkan pulau-pulau dan kota-kota besar yang berada ditepi laut
 - d. Meningkatkan penyebaran penyakit menular





- e. Curah hujan di daerah yang beriklim tropis akan lebih tinggi dari normal
 - f. Tanah akan lebih cepat kering, walaupun sering terkena hujan. Kekeringan tanah ini akan mengakibatkan banyak tanaman mati
 - g. Akan sering terjadi angin besar di berbagai tempat
 - h. Berpindahnya hewan ke daerah yang lebih dingin
 - i. Musnahnya hewan dan tumbuhan, termasuk manusia yang tidak mampu berpindah atau beradaptasi dengan suhu yang lebih tinggi.
5. Contoh senyawa yang paling dikenal sebagai penyebab penipisan ozon adalah klorofluorokarbon (CFC) yang berasal terutama dari aerosol, lemari pendingin dan pendingin udara (AC). Senyawa lain yang juga dapat menyebabkan penipisan ozon adalah metil bromide yang dapat ditemukan dalam pestisida dan metil kloroform serta karbon tetraklorida.
 6. Air yang tercemar dapat menjadi media bagi perkembangbiakan dan persebaran mikroorganisme, termasuk mikroba patogen. Air yang tercemar tidak dapat lagi digunakan sebagai pembersih, sedangkan air bersih sudah tidak mencukupi sehingga kebersihan manusia dan lingkungannya menjadi tidak terjamin, yang pada akhirnya menyebabkan manusia mudah terserang penyakit. Selain itu, Air tidak dapat lagi digunakan untuk keperluan rumah tangga. Pencemaran air oleh berbagai jenis limbah akan menyebabkan air berbau dan keruh serta dapat mengandung kuman atau zat berbahaya.
 7. Jenis mikroorganisme patogen yang dapat tersebar melalui air beserta penyakit yang dapat ditimbulkannya

Jenis mikroba	Penyakit	Gejala
Virus Virus Hepatitis A	Hepatitis A	Demam, sakit kepala, sakit perut, kehilangan selera makan, pembengkakan hati sehingga tubuh menjadi kuning
Virus Polio	Poliomyelitis	Tenggorokan sakit, demam, diare, sakit pada tungkai dan punggung, kelumpuhan dan kemunduran fungsi otot
Bakteri Vibro Cholerae	Kolera	Diare yang sangat parah, muntah-muntah, kehilangan cairan sangat banyak sehingga menyebabkan kejang dan lemas



Jenis mikroba	Penyakit	Gejala
Escherichia coli (strain pathogen)	Diare	Buang air besar berkali-kali dalam sehari, kotoran encer (mengandung banyak air), terkadang diikuti rasa mulas atau sakit perut
Salmonella typhi	Tifus	Sakit kepala, demam, diare, muntah-muntah, peradangan dan pendarahan usus
Shigella dysenteriae	Disentri	Infeksi usus besar, diare, kotoran mengandung lender dan darah, sakit perut
Protozoa Entamoeba histolytica Balantidium coli Giardia lamblia	Disentri amuba Balantidiasis Giardiasis	(Sama seperti disentri oleh bakteri) Peradangan usus, diare berdarah Diare, sakit perut, terbentuk gas dalam perut, bersendawa, kelelahan
Metazoan (cacing Parasit) Ascaris lumbricoides (cacing gelang) Taenia saginata (cacing pita) Schistosoma sp. (cacing pipih)	Ascariasis Taeniasis Schistosomiasis	Demam, sakit perut yang parah, malabsorpsi, muntah-muntah, kelelahan Gangguan pencernaan, rasa mual, kehilangan berat badan, rasa gatal dianus Gangguan pada hati dan kantung kemih sehingga terdapat darah dalam urin, diare, tubuh lemas, sakit perut yang terjadi berulang-ulang

8. Pencemaran air oleh logam Pb dapat berasal dari berbagai sumber, seperti rembesan Pb dari sampah kaleng yang mengandung timbal, cat yang mengandung timbal, bahan bakar timbal, pestisida dan dari korosi pipa-pipa yang mengandung timbal. Logam Pb dengan konsentrasi > 15 mg/dl dalam darah dianggap berbahaya bagi kesehatan.
9. Nutrien tumbuhan akan menjadi polutan air apabila terdapat dalam jumlah berlebihan di perairan. Perairan yang mengandung nutrient seperti fosfat dan nitrogen dalam jumlah berlebih disebut mengalami eutrofikasi. Eutrofikasi akan menyebabkan ganggang (algae) berkembang biak dengan subur sehingga populasinya meningkat pesat.



Kejadian ini sering disebut *algae blooming*. *Algae blooming* dapat menyebabkan beberapa gangguan perairan, diantaranya adalah mengganggu penetrasi cahaya matahari kedalam perairan karena permukaan tertutupi oleh populasi ganggang. Hal ini akan mengganggu kehidupan biota air dalam perairan tersebut. Selain itu, jika ganggang yang mengalami *blooming* merupakan jenis ganggang yang akan menghasilkan senyawa beracun, ganggang tersebut akan menyebabkan kematian sejumlah besar biota air.

10. Pencemaran air oleh limbah yang membutuhkan oksigen menyebabkan peningkatan BOD di perairan karena tingginya populasi bakteri aerob (membutuhkan oksigen) yang membusukan limbah. Peningkatan BOD akan menurunkan DO perairan sehingga menurunkan populasi biota air yang tidak toleran terhadap kandungan DO yang rendah.

Kegiatan Pembelajaran 2

1. Jenis limbah berdasarkan sumber atau asal limbahnya
 - a. Limbah domestik yaitu semua limbah yang berasal dari kamar mandi, dapur, tempat cuci pakaian, dan lain sebagainya, yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri atas zat organik baik padat maupun cair, bahan berbahaya dan beracun, garam terlarut, lemak.
 - b. Limbah nondomestik, yaitu limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, dan transportasi serta sumber-sumber lainnya. Limbah pertanian biasanya terdiri atas pestisida, bahan pupuk dan lainnya.
2. Parameter fisika pengukuran kualitas limbah antara lain
 - a. Kepadatan

Air memiliki kepadatan maksimum (satu) pada suhu 4°C. Pada saat suhu air naik lebih dari 4°C, kepadatan atau berat jenis air akan turun, demikian juga sebaliknya. Perubahan tersebut yang akan menyebabkan pelapisan-pelapisan suhu air pada danau atau perairan yang dalam. Pada perairan yang beriklim dingin, air akan membeku hanya pada bagian atasnya saja sedangkan pada bagian bawah masih bersifat cair sehingga kehidupan organisme akuatik masih tetap berlangsung.





b. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting di dalam mempengaruhi dan pertumbuhan mikroorganisme. Suhu dapat mempengaruhi mikroba dalam dua cara yang berlawanan. Apabila suhu naik maka kecepatan metabolisme naik dan pertumbuhan dipercepat. Sebaliknya apabila suhu turun, maka kecepatan metabolisme akan menurun dan pertumbuhan diperlambat.

c. Kecerahan dan Kekeruhan Air

Kecerahan dan kekeruhan air dalam suatu perairan dipengaruhi oleh jumlah cahaya matahari yang masuk kedalam perairan. Kecerahan air tergantung pada warna dan kekeruhan air. Kecerahan sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan dan padatan tersuspensi. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang nantinya akan menentukan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terkandung didalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (lumpur dan pasir halus), maupun bahan organik berupa plankton dan mikroorganisme lain.

d. Kesadahan

Penyebab kesadahan adalah karena air mengandung kalsium, magnesium, mangan, strontium dan barium. Garam-garam ini terdapat dalam bentuk karbonat, sulfat, chlorida, nitrat, fospat, dan lain-lain. Air yang mempunyai kesadahan tinggi membuat air sukar berbuih dan sulit dipergunakan untuk pencucian. Gas yang larut dalam air seperti CO₂, oksigen, nitrogen, hidrogen dan methane, sering dijumpai menyebabkan bersifat asam, berbau dan korosif. Sulfida menyebabkan air berwarna hitam dan berbau. Padatan tidak larut adalah senyawa kimia yang terdapat dalam air baik dalam keadaan melayang, terapung maupun mengendap. Senyawa-senyawa ini dijumpai dalam bentuk organik maupun anorganik. Padatan tidak larut menyebabkan air berwarna keruh. Sebagaimana padatan dan gas yang larut, mikroorganisme juga banyak dijumpai dalam air.





3. Parameter kimia dalam pengolahan limbah yang biasa digunakan, antara lain
 - a. Keasaman air (pH)

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Air buangan yang mempunyai pH tinggi atau rendah dapat membunuh mikroorganisme air yang diperlukan. Air yang mempunyai pH rendah membuat air bersifat korosit terhadap bahan konstruksi seperti besi. Batas toleransi pH yang akan dibuang ke lingkungan adalah sekitar 6-9.
 - b. Alkalinitas

Tinggi rendahnya alkalinitas air ditentukan oleh senyawa karbonat, bikarbonat, garam hidroksida, kalium, magnesium dan natrium dalam air. Semakin tinggi kesadahan suatu air maka air tersebut semakin sulit membuih.
 - c. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Zat organik yang terdapat dalam air buangan terdiri dari unsur karbon, hidrogen dan oksigen dengan unsur tambahan seperti nitrogen, belerang dan lain-lain yang cenderung menyerap oksigen. Oksigen tersebut dipergunakan untuk menguraikan senyawa organik.
 - d. *Chemical Oxygen Demand*

Jumlah bahan organik di dalam limbah dapat diketahui lebih cepat dari uji COD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan oksidan. Uji ini disebut dengan uji COD, yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan, misalnya kalium dikromat, untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air.
4. 3 sumber polutan yang dihasilkan dari lingkungan pertanian adalah:
 - a. pupuk buatan: penggunaan pupuk buatan yang berlebihan dapat mengakibatkan tanah menjadi asam sehingga produktifitas tanaman berkurang, tanaman menjadi layu dan mati
 - b. Pestisida (pemberantas hama) dan fungisida (pemberantas jamur)

Sisa-sisa penyemprotan akan terbawa oleh air hujan dan mengendap di dalam tanah dan akan merusak tekstur tanah. Tanah akan mengeras dan retak-retak pada musim kemarau





Kunci Jawaban

- c. Herbisida (pemberantas tumbuhan pengganggu). Para petani menggunakan herbisida untuk mematikan gulma sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Namun dosis yang digunakan harus sesuai aturan yang dianjurkan karena residu herbisida dan pestisida membahayakan kehidupan organism tanah

Kegiatan Pembelajaran 3

1. C
2. B
3. B
4. D
5. A
6. Perairan yang diamati tercemar oleh limbah yang berdampak pada kehidupan biota air dan manusia. Ikan-ikan dan plankton akan mati begitu pula dengan tumbuhan air yang hidup disana. Akhirnya tidak ada mahluk hidup yang dapat bertahan. Masyarakat yang memanfaatkan air sungai yang tercemar akan terinfeksi oleh berbagai macam bakteri yang menimbulkan penyakit. Teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan yaitu pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi. Untuk suatu jenis air buangan tertentu, ketiga metode pengolahan tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau secara kombinasi.

Kegiatan Pembelajaran 4

1. Limbah padat berasal dari kegiatan domestik dan industri.
 - a. Limbah Domestik
Limbah domestik biasanya dalam bentuk limbah padat rumah tangga, limbah padat kegiatan perdagangan, perkantoran, peternakan, pertanian serta tempat-tempat umum.
 - b. Limbah Industri
Sumber-sumber dari limbah industri meliputi pabrik gula, pulp, kertas, rayon, *plywood*, limbah nuklir, pengawetan buah, ikan atau daging.





2. Ada beberapa faktor-faktor yang perlu diperhatikan sebelum mengolah limbah padat :
 - a. Jumlah limbah

Sedikit : mudah ditangani sendiri.

Banyak : membutuhkan penanganan khusus.
 - b. Sifat fisik dan kimia limbah

Sifat fisik : mempengaruhi pilihan tempat pembuangan, sarana pengangkutan & pilihan pengolahan.

Sifat kimia : sifat kimia dari limbah padat akan merusak dan mencemari lingkungan dengan cara membentuk senyawa-senyawa baru.
 - c. Kemungkinan pencemaran dan kerusakan lingkungan.

Karena lingkungan ada yang peka/tidak peka terhadap pencemaran perlu di perhatikan :

 - Tempat Pembuangan Akhir (TPA)
 - Unsur yang akan terkena
 - Tingkat pencemaran yang akan timbul

3. Tahapan pembuatan kompos adalah sebagai berikut:
 - a. Pemilahan sampah

Sampah haruslah dipisahkan antara sampah organik (bahan dasar kompos) dan anorganik (plastik, kaca, kaleng). Kualitas kompos yang baik adalah kompos yang tidak tercampur dengan sampah anorganik, karena jika tercampur dengan sampah anorganik hasilnya tidak akan maksimal.
 - b. Pencacahan bahan organik

Sampah organik dicacah atau dipotong–potong sehingga menjadi bagian–bagian yang lebih kecil, proses ini dilakukan agar sampah dapat dengan mudah dan cepat terurai menjadi kompos.
 - c. Penyusunan

Penyusunan bahan dasar kompos bisa bervariasi, bahan dasar kompos biasanya disusun dengan komposisi sampah organik sebagai bahan dasar sebanyak 70 – 80 persen, tanah 10 – 15 persen dan bahan tambahan 10 –15 persen, bahan tambahan ini dapat berupa gabah, dedak, kotoran ternak atau kompos yang sudah jadi sebelumnya.





d. Pencampuran / pengadukan

Proses ini dilakukan setiap satu minggu sekali, dengan cara membalikkan sampah yang ada pada lapisan bawah ke bagian atas kemudian mengaduknya hingga rata. Hal ini berguna untuk membuang panas berlebihan, memasukkan udara segar ke dalam tumpukan, meratakan proses pelapukan, meratakan pemberian air dan membantu menghancurkan bahan organik secara efektif.

e. Penyiraman

Tumpukan kompos harus terjaga dalam kondisi kelembaban yang cukup, maka dari itu dilakukanlah proses penyiraman ketika tumpukan kompos terlalu kering. Cara mengecek kelembaban kompos hanya dengan menggenggamnya, jika ketika diperas tidak mengeluarkan air maka tumpukan bahan kompos tersebut harus disiram air secukupnya. Menyiram menggunakan air cucian beras akan lebih baik karena dapat menambah unsur glukosa dalam kompos.

f. Pematangan

Proses pematangan kompos beragam tergantung bahan dasar organik pembuat kompos, cuaca dan pengolahan yang dilakukan. Proses pematangan berkisar antara 20 – 40 hari dengan menggunakan aktivator, sedangkan sekitar 2 – 6 bulan jika ditimbun secara alami. Ketika tumpukan bagian atas terlihat mulai lapuk, volume sampah akan menyusut kurang lebih 30 – 40 persen dari volume awal dan kompos berwarna kehitaman, jika ciri – ciri kompos yang baik sudah terlihat maka kompos sudah siap di panen.

g. Penyaringan

Proses penyaringan dilakukan untuk memisahkan antara bahan jadi dengan bahan yang belum terurai.

h. Kompos siap digunakan

Kompos yang baik adalah kompos yang terurai dengan sempurna, tidak berbau dan berwarna cokelat kehitaman seperti tanah juga berefek baik jika diaplikasikan pada tanah.





4. Tahapan pembuatan vermikompos adalah Tahapan awal pembuatan vermikompos sama dengan pembuatan kompos. Namun pada saat kompos matang. Kompos yang sudah jadi dimasukkan ke dalam ember, cacing akan mengolah bahan organik yang ada didalam kompos tersebut. Vermikompos dapat dipanen dalam jangka waktu 40 hari, ditandai dengan warnanya hitam kecoklatan hingga hitam, tidak berbau, bertekstur remah dan matang (C/N <20).
5. Perbedaan kompos biasa dan vermikompos
Pupuk kompos merupakan salah satu pupuk organik yang dibuat dengan cara menguraikan sisa-sisa tanaman dan hewan dengan bantuan mikroorganisme yang hidup alami. Sementara itu, vermikompos merupakan salah satu produk kompos yang memanfaatkan makroorganisme sebagai pengurai. Makroorganisme yang digunakan adalah cacing tanah dari jenis Lumbricus atau jenis lainnya. Vermikompos dibuat dengan cara memberikan bahan organik sebagai pakan kepada cacing tanah. Kotoran yang dihasilkan cacing tanah inilah yang dinamakan vermikompos. Vermikompos memiliki unsur hara yang lebih tinggi daripada kompos.

Kegiatan Pembelajaran 5

1. C
2. C
3. B
4. A
5. D

Essay :

1. Produknya: Pengharum ruangan, obat serangga/baygon, parfum, kulkas, AC dll
Bahayanya: menyebabkan polusi udara, penipisan lapisan ozon dan pemanasan global





Kunci Jawaban

2. Upaya-upaya untuk menimalisir gas buang ; 3 dari 6 upaya berikut :
 - a. Tidak merokok di ruangan berAC
 - b. Mencegah pembakaran hutan
 - c. Menanam tumbuhan hijau di sekitar rumah
 - d. Tidak menggunakan barang-barang yang mengandung CFC
 - e. Mengurangi penggunaan kendaraan bermotor
 - f. Menggunakan teknologi yang ramah lingkungan

3. CO yang terhirup dalam tubuh lebih cepat berikatan dengan haemoglobin dibandingkan dengan oksigen. Jika di udara terdapat CO, oksigen akan kalah cepat berikatan dengan haemoglobin, sehingga orang tersebut akan menderita defisiensi oksigen dalam jaringan tubuhnya. Kadar CO maximal dalam tubuh 5 %. Diduga perokok mengandung CO lebih dari 10 %

Kegiatan Pembelajaran 6

1. B
2. B
3. A
4. C

Kegiatan Pembelajaran 7

1. B
2. C
3. B
4. D
5. E





Evaluasi

1. Di bawah ini yang tidak termasuk sifat fisik limbah cair
 - a. temperatur
 - b. bau
 - c. warna
 - d. kekeruhan
 - e. alkalinitas

2. Gas yang dihasilkan dari penguraian limbah organik, dan berbau adalah.....
 - a. amoniak dan cuka
 - b. sulfida dan sulfur
 - c. sulfide dan amoniak
 - d. oksigen dan sulfur
 - e. fosfor dan oksigen

3. Padatan yang menyebabkan kekeruhan air dan tidak dapat mengendap secara langsung disebut dengan....
 - a. sediment
 - b. padatan tersuspensi
 - c. padatan terlarut
 - d. padatan terendap
 - e. partikel padatan

4. Parameter untuk penentuan kualitas air limbah atau limbah cair DO dan COD. Air yang berkualitas baik akan mempunyai nilai...
 - a. COD rendah dan DO tinggi.
 - b. COD tinggi dan DO rendah
 - c. COD tinggi dan DO tinggi
 - d. COD = DO
 - e. COD rendah dan DO rendah





5. Kandungan bakteri patogen dalam air, menunjukkan bahwa terjadi pencemaran secara biologis. Seperti bakteri *Shigella dysenteriae* yang dapat menyebabkan penyakit
 - a. disentri
 - b. tifus
 - c. kolera
 - d. paratifus
 - e. hepatitis

6. Rawa yang memiliki banyak bahan organik menyebabkan kandungan oksigen airnya
 - a. seimbang dengan bahan organik
 - b. dinamakan BOD
 - c. akan berlipat ganda
 - d. berkurang
 - e. semakin banyak

7. Tanah merupakan tempat polutan yang paling rawan, karena tanah bisa terdampak polusi dari tempat-tempat yang lain. Cara paling baik dalam mengurangi kejadian polusi tanah adalah....
 - a. mengurangi polusi perairan.
 - b. mengurangi dan mencegah polusi udara
 - c. menanam pohon.
 - d. mengurangi konsumsi BBM fosil.
 - e. mengadakan bioremediasi

8. Pencemaran udara yang menyebabkan seseorang menjadi lemas dan pingsan disebabkan oleh
 - a. haemoglobin darah berikatan dengan CO
 - b. haemoglobin darah berikatan dengan O
 - c. haemoglobin darah kekurangan gas CO₂
 - d. karena polutan SO dalam udara
 - e. adanya asbut fotokimia





9. Adanya asap kabut fotokimia di udara menyebabkan
 - a. pengikatan CO oleh haemoglobin
 - b. terjadinya hujan asam
 - c. udara tampak berasap dan berbau
 - d. udara cerah karena efek fotokimia
 - e. tumbuh-tumbuhan sulit berfotosintesis

10. Aktivitas manusia seperti penggundulan hutan dan pembakaran minyak bumi akan meningkatkan konsentrasi CO₂ di udara yang berakibat
 - a. gangguan pernapasan
 - b. asap diudara yang mengganggu pemandangan
 - c. meningkatnya suhu bumi
 - d. Banyak tumbuhan yang menangkap CO₂
 - e. gas beracun yang dapat berikatan dengan hemoglobin

11. Akibat pengaruh cuaca sebagai dampak pemanasan global, seperti di bawah ini, kecuali
 - a. gunung es akan mencair
 - b. daratan mengecil
 - c. daerah tropis menjadi lembab
 - d. musim tanam lebih panjang
 - e. meningkatnya insiden alergi

12. Adanya bakteri Echerichia coli dengan jumlah banyak dalam suatu perairan merupakan indikasi bahwa
 - a. Perairan tersebut bersih
 - b. Perairan tersebut tercemar logam berat
 - c. Perairan tersebut tercemar kotoran hewan dan manusia
 - d. Perairan tersebut mengalami polusi thermal
 - e. Perairan tersebut berbahaya bagi kesehatan





13. Berikut ini polutan utama tanah yang bersifat B3, kecuali ...
- a. Oli
 - b. Limbah tekstil
 - c. Logam berat
 - d. Pestisida
 - e. Sisa hasil pertanian
14. Air yang tercemar oleh organisme mahluk hidup seperti bakteri dan ganggang, maka pencemaran air itu termasuk dalam pencemaran secara....
- a. Kimiawi
 - b. Fisis
 - c. Biologi
 - d. Langsung
 - e. Tidak langsung
15. Penggunaan CFC pada berbagai produk pendingin telah banyak dikurangi karena gas ini dapat menimbulkan
- a. Kanker
 - b. Asbut
 - a. c Hujan asam
 - c. Keracunan
 - b. e Lubang ozon (*black hole*)





Penutup

Demikian modul ini dibuat sebagai pendukung diklat guru mata pelajaran Biologi bidang Agribisnis dan Agroteknologi, semoga bermanfaat meningkatkan kompetensi guru mata pelajaran Biologi.

Modul ini masih jauh dari kesempurnaan untuk selanjutnya saran dan masukan yang bersifat membangun dari pengguna sangat diharapkan demi penyempurnaan modul ini. Demikian kami sampaikan, atas kerjasamanya disampaikan terima kasih





Daftar Pustaka

- Adi Kurnia, 2009, Parameter Pengolahan Limbah Industri, on 19/06/09 at 10:03 pm, <http://majarimagazine.com/2009/6/paramater-pengolahan-limbah-industri>
- Anon. 1976. Quality Criteria for Water Environmental Protection Agency. U.S. Department of Commerce National Technical Information Service, Washington D.C.
- Anon. 2004. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor : 7 tahun 2004, Tentang Sumber Daya Air.
- Anonim, 2009, Jenis-Jenis Limbah, <http://educorolla8.blogspot.com/2009/04/jenis-jenis-limbah.html>, diakses tg 7 January 2010
- Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Propinsi Jawa Barat, 2001. Modul Spesifik 5 dari 6 : Pembuka Wawasan Lingkungan Hidup Untuk SLTP dan SMU. Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Propinsi Jawa Barat, Bandung.
- Bockris, J.O.M. 1977. Environmental Chemistry, Plemon Press, N.Y. and London.
- Cunningham, W P. and Mary Ann Cunningham. 2004. Principles of Environmental Science. N.Y.: McGraw-Hill Book Co.
- Cunningham, W.P., Mary Ann Cunningham., Barbara Saigo. 2005. Environmental Science, a Global Concern. 8th ed.,N.Y.:McGraw-Hill Book Co.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2002. Belajar Biologi Untuk Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Kelas 1. Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Departemen Pendidikan Nasional, 2003. Buku Materi Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup Untuk Guru SLTP. Jakarta.
- Kantor Menteri Lingkungan Hidup. 1997. Agenda 21 Indonesia Strategi Nasional Untuk Pembangunan Berkelanjutan. Kantor Menteri Lingkungan Hidup, Jakarta.





Kementerian Lingkungan Hidup, Penanganan Limbah B3

Miller Jr, G.T. 1975. Living in the Environment, Concepts, Problems, and Alternatives. 1975. Wadsworth Pub.Co.

Masters, G M. 1990. Introduction to Environmental Engineering and Science. London: Prentice Hall,

Miller Jr., G.T. 1997. Living in the Environmental. Second Edition. Woadworth Publisher. Coy, Belmont, USA

Masters, Gilbert M. 1991 Introduction to Environmental Engineering and Science. New Yersey. Prentice, Hall Inc,

Odum, E.P. 1971. Fundamentals Of Ecology. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Prihanto, D. 1994. Buku Panduan “Siklus Air” Pendidikan Lingkungan Hidup untuk Sekolah Menengah Kejuruan. Indah Offset, Malang.

Prihanto, D. 1995. Buku Panduan “Atmosfer dan Pemanasan Global” Pendidikan Lingkungan Hidup untuk Sekolah Menengah Kejuruan. Indah Offset, Malang.

PSML-UI Jakarta, 1998. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. PPSML-UI, Jakarta.

Said, N.I. 1999. Kesehatan Masyarakat dan Teknologi Peningkatan Kualitas Air. Direktorat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.

Sitorus, J. 2000. Buku Panduan “Hemat Energi Listrik” Pendidikan Lingkungan Hidup untuk Sekolah Menengah Kejuruan. Indah Offset, Malang.

Soemarwoto, O. 1997. Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan. Penerbit Djambatan, Jakarta.

Soemarwoto, O. 2001. Atur-Diri-Sendiri Paradigma Baru Pengelolaan Lingkungan Hidup. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Soerjani, M. 1997. Environmental Education For Biodiversity and Sustainable Development. University of Indonesia, Jakarta.

Soerjani, M. 1997. Pembangunan dan Lingkungan “Meniti Gagasan dan Pelaksanaan





Daftar Pustaka

- Sustainable Development". Institut Pendidikan dan Pengembangan Lingkungan. Jakarta.
- Soerjani, M. 2002. Ekologi Manusia. Pusat Penerbitan Universitas Terbuka, Jakarta.
- Soerjani, M. et. al. 2004. Pemberdayaan Masyarakat Pedagang Sayur dan Buah Dalam Meningkatkan Upaya Kebersihan Kota. Institut Pendidikan dan Pengembangan Lingkungan. Jakarta.
- Sugandhy, A. 1999. Penataan Ruang Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sugiharto, 1987, Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah, Penerbit Universitas Indonesia (UI Press), Jakarta.
- Sincero Arcadio P, Gregoria Arcadio P. Environmental Engineering: A design Approach, New Yersey, Prentice Hall Inc, 1996
- Wong-java, 2008, Karakteristik fisik dan kimia limbah cair, <http://wonglimbah.blogspot.com/2008/08/karakteristik-fisik-dan-kimia-limbah.html>
- Zaherunaja, 2003. Analisis Kebijakan Pemanfaatan Ruang Wilayah Pulau Kecil (Studi Kasus : Wilayah Pulau Legundi, Kabupaten Lampung Selatan, Propinsi





Glosarium

Abiotik	: lingkungan yang terdiri atas benda tak hidup seperti unsur hara, air, tanah, kelembaban, suhu, iklim, pH.
Antibiotik	: suatu senyawa yang dihasilkan mikroorganisme yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain.
Biologi terapan	: penerapan hukum-hukum dan prinsip-prinsip biologi ke dalam kehidupan manusia agar bermanfaat.
Bioma	: kumpulan species (terutama tumbuhan) yang mendiami tempat tertentu di bumi yang dicirikan oleh vegetasi tertentu yang dominan dan langsung terlihat jelas di tempat tersebut.
Biosfer	: bagian bumi dan atmosfer tempat organisme hidup.
Biotik	: lingkungan yang terdiri atas makhluk hidup seperti produsen, konsumen dan pengurai/dekomposer.
Bioteknologi	: pemanfaatan sel-sel hidup atau mikroorganisme dalam industri dan teknologi untuk menghasilkan barang dan jasa, misalnya obat-obatan, bahan kimia, dan menguraikan limbah.
Ekosistem	: suatu kesatuan ekologi yang mengkaji hubungan timbal balik antara faktor biotik dengan faktor abiotik.
Eutrofikasi	: pengeruhan air yang disebabkan oleh berkembang dengan pesatnya algae (ganggang) dan eceng gondok pada perairan yang tercemar oleh nitrat.
Individu	: satuan makhluk hidup tunggal, yang tubuhnya tersusun oleh berbagai sistem organ yang saling berhubungan.
Komunitas	: kumpulan beberapa jenis populasi yang hidup bersama pada suatu habitat tertentu yang saling berinteraksi atau mempengaruhi, dan mencapai keseimbangan melalui suatu jaring-jaring makanan.
Pengurai	: bakteri, jamur, dan beberapa protozoa yang berperan dalam proses pembusukan organisme mati menjadi materi anorganik.





Glosarium

Populasi	: kumpulan dari individu sejenis (satu species) yang secara bersama menempati suatu habitat.
Produsen	: tumbuhan hijau yang menggunakan bahan-bahan anorganik untuk menghasilkan bahan-bahan organik dengan bantuan energi sinar matahari dan energy kimia.
Species	: organisme yang dapat melakukan perkawinan dengan sesamanya dan menghasilkan keturunan yang fertil.
Vegetasi	: kehidupan tumbuh-tumbuhan yang erat hubungannya dengan iklim/bioma.



MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN



KELOMPOK
KOMPETENSI

MATA PELAJARAN
BIOLOGI BIDANG KEAHLIAN
AGRIBISNIS DAN AGROTEKNOLOGI
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2018

Jalan Jendral Sudirman, Gedung D Lantai 15, Senayan, Jakarta 10270
Telepon/Fax: (021) 5797 4130

www.gtk.kemdikbud.go.id